

THESE

présentée devant

L'UNIVERSITE DE RENNES

U. E. R. Structure et Propriétés de la Matière

pour obtenir

Le titre de Docteur - Ingénieur

par

Jean-Pierre GUENIN

Etude de la structure de l'Unité de Marquage et de Signalisation
de la maquette de commutateur de données HERMES

Soutenue le 14 novembre 1975 devant la Commission d'Examen

MM. P.Y. ARQUES

Président

C. BRIE

R. GERBER

J.C. MERLIN

J.M. GAUTHIER

Examineurs



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551505_0012

SERIE : B
N° D'ORDRE : 61
N° DE SERIE : 52

THESE

présentée devant

L'UNIVERSITE DE RENNES

U. E. R. Structure et Propriétés de la Matière

pour obtenir

Le titre de Docteur - Ingénieur

par

Jean-Pierre GUENIN

Etude de la structure de l'Unité de Marquage et de Signalisation
de la maquette de commutateur de données HERMES

Soutenue le 14 novembre 1975 devant la Commission d'Examen

MM. P.Y. ARQUES

Président

C. BRIE
R. GERBER
J.C. MERLIN
J.M. GAUTHIER

Examineurs



UNIVERSITE DE RENNES

U. E. R. SCIENCES ET PHILOSOPHIE

Doyens Honoraires

M. MILON Y.
M. TRHIN R.
M. SCHMITT M.
M. LE MOAL H.
M. MARTIN Y.
M. BOCLE J.

Professeurs Honoraires

M. FREYMANN R.
M. HAGENE P.
M. ROHMER R.
M. TREHIN R.
M. SALMON-LEGAGNEUR F.
M. des ABBAYES H.
M. MILON Y.

Maîtres et Conférences Honoraires

M. GRILLET
M. LECRECQ A.

Mathématiques

Professeurs

M. GUERINDON Jean
M. METIVIER Michel
M. GIORGIUTTI Italo
M. TOUGERON Jean-Claude
M. MIGNOT Alain
M. HOUDEBINE Jean
M. KEANE Michaël
M. BOULAYE Guy

Maîtres de Conférences & Chargés de Cours

M. BERTHELOT Pierre
M. BREEN Lawrence
M. CAMUS Jacques
M. CONZE Pierre
M. FERRAND Daniel
M. GUIVARC'H Yves
M. LE GOUPIL Jean
M. LERMAN Israël
M. NEDELEC Jean-Claude
M. TRILLING Laurent
M. VERJUS Jean-Pierre

Physique

Professeurs

M. VACHER Michel
M. VIGNERON Léopold
M. LE BOT Jean
Mem ROBIN née SALOMOND
M. ROBIN Stéphane
M. LE MONTAGNER Serge
M. MEVEL Jean-Yves
M. MEINNEL Jean
M. REGENSTREIF Edouard
M. BRUN Pierre
M. LEROUX Emile
M. DUBOST Gérard
M. ARQUES Pierre-Yves
M. HAEUSLER Claude
M. NUSIMOVICI Michel

Maîtres de Conférences & Chargés de Cours

M. GUIDINI J.
M. DECAMPS E.A.

Chimie

M. VENE Jean
M. LE MOAL Henri
M. LEVASE
M. PELTIER Daniel
M. PRIGENT J.
M. FOUCAUD André
M. LANG Jean
M. CARRIE R.
M. GUERILLOT Claude-Roger
M. KERFANTO Michel (E.N.S.C.R.)
M. DABARD René
M. GRANDJEAN Daniel
M. LUCAS Jacques
M. MARTIN Guy

M. TALLEC André

Chimie Biologique

M. JOUAN Pierre
M. DUVAL Jacques

Géologie

M. COGNE Jean
Melle DURAND Suzanne
M. BOILLOT Gilbert

M. HAMEURT Jean-Marie
M. LARDEUX Hubert

Zoologie

Professeurs

M. RICHARD Gaston
M. MAILLET Pierre
M. RAZET Pierre
M. FOLLIOT Roger
M. ALLEGRET Paul
M. MANIEY Jacques
M. JOLY Jean-Marie
M. LEFEUVRE J.C.

Maîtres de Conférence & Chargés de Cours

M. CALLEC Jean-Jacques

Botanique

M. VILLERET Serge
M. CLAUSTRES Georges
Mlle GOAS Gabrielle
Mlle GOAS Marie
Mme LEMOINE Cécile

M. TOUFFET Jean

Philosophie

M. ORTIGUES Edmond

M. JACQUES Francis
M. BEYSSADE Jean-Marie

A Monsieur le Professeur P-Y ARQUES j'adresse mes remerciements les plus sincères pour l'intérêt qu'il a porté à cette étude et pour l'honneur qu'il me fait de présider ce jury.

Que Monsieur le Professeur R. GERBER et Monsieur C. BRIE veuillent bien accepter ma plus vive gratitude pour les conseils qu'ils m'ont apportés tout au long de cette étude.

Je tiens à exprimer ma sincère reconnaissance à Monsieur J.C. MERLIN, Ingénieur en Chef des Télécommunications, Adjoint au Chef de Secteur Téléinformatique et Réseaux Spéciaux du Centre National d'Etudes des Télécommunications et à Monsieur J.M. GAUTHIER, Ingénieur des Télécommunications chargé du Département "Transmission de Données et Réseaux Privés", pour l'intérêt qu'ils ont porté à cette étude et l'aide qu'ils m'ont apporté.

Enfin je remercie toutes les personnes du Département "Transmission de Données et Réseaux Privés" qui ont apporté leur concours à la réalisation pratique de cette étude.

LISTE DES SYMBOLES UTILISES

UMS	Unité de Marquage et de Signalisation
UC	Unité Centrale
UT	Unité de traitement
MT	Mémoire de Travail
MP	Mémoire de Programme
UGBM	Unité de Gestion du Bus Mémoire
LMC	Lecture en Mémoire de Commande
EMC	Ecriture en Mémoire de Commande
AMC	Adresse en Mémoire de Commande
CEM	Commande d'Ecriture en Mémoire de Commande
ECR	Etat du Caractère Reçu
LAV	Ligne d'Adresse Voie
OSE	Octet de Signalisation Emis
PHQ	Phase
LVAL	Validation Lecture
FIFO	First In First Out (file d'attente du type Premier Entré Premier Sorti)
ROM	Read Only Memory (Mémoire morte)
RAM	Random Access Memory (Mémoire vive)
ADM	Accès Direct Mémoire

PLAN

.....

I. PRESENTATION DU CONTEXTE

- 1.1. - Résumé
- 1.2. - Présentation
- 1.3. - Réseaux de transmission de données
- 1.4. - Introduction au réseau HERMES
 - 1.4.1. - La commutation temporelle
 - 1.4.2. - Transmission sur support numérique
 - 1.4.3. - La signalisation dans la voie, la structure de quadriocet, les services offerts
- 1.5. - Le noeud HERMES, les organes de commande du commutateur
- 1.6. - L'unité de marquage et de signalisation : le préprocesseur et le processeur microprogrammé

II. THEORIE DE LA STRUCTURATION

- 2.1. - Choix d'une structure
- 2.2. - Description de la structure arrêtée
 - 2.2.1. - Les trois parties
 - 2.2.2. - Les échanges entre les niveaux
- 2.3. - Déroulement d'une communication

III. LE PREPROCESSEUR

- 3.1. - Structure du préprocesseur
 - Filtrage de l'information
 - Orientation du processeur microprogrammé
- 3.2. - Interface avec le réseau de connexion
- 3.3. - Table de décision
- 3.4. - La logique de décision
 - 3.4.1. - Son rôle
 - 3.4.2. - Les différentes opérations réalisées par la logique de décision
- 3.5. - Interface préprocesseur-processeur microprogrammé

- 3.5.1. - Différents types d'échange
- 3.5.2. - La file d'attente
- 3.5.3. - Le coupleur

IV. LE PROCESSEUR MICROPROGRAMME

- 4.1. - La micro-machine T1600
- 4.2. - Modifications apportées au processeur microprogrammé
 - 4.2.1. - La mémoire de microprogramme
 - 4.2.2. - L'unité de gestion du bus mémoire
 - 4.2.3. - L'accès direct mémoire
 - 4.2.4. - Le pupitre
 - 4.2.5. - La mémoire de travail

CONCLUSION

-:-:-:-:-



CHAPITRE 1

PRESENTATION DU CONTEXTE

I.1 - Résumé

Cette étude consiste en la définition d'une maquette de commutateur temporel de données, réalisée au Centre National d'Etudes des Télécommunications. Celle-ci fait l'objet de deux documents l'un orienté plus particulièrement sur les aspects fonctionnels et l'autre sur l'étude de la structure de la maquette.

Ce résumé décrit le second document.

Le mémoire est divisé en quatre parties :

- une première partie, commune aux deux thèses qui replace la maquette dans le projet HERMES.
- la seconde partie consacrée à la structuration de l'ensemble réalisé, où l'on décrit la structure choisie à "trois niveaux" pour les organes de commande du commutateur.
- la troisième partie décrit le premier étage de cet chaîne, ou pré-processeur.
- enfin la quatrième partie présente les modifications réalisées sur la micro machine standard du T1600 TELEMECANIQUE, que nous avons du réaliser pour pouvoir résoudre le problème posé.

La première partie, outre la présentation du sujet fait le point sur les différents réseaux de transmission de données existant en France à l'heure actuelle et introduit le projet HERMES qui a pour but la mise en place d'un réseau de transmission de données à commutation temporelle. Un bref rappel est alors fait sur la transmission numérique et la commutation temporelle. Les principaux services offerts dans le réseau HERMES sont également passés en revue.

On définit alors ce que l'on appelle le noeud HERMES c'est à dire la maquette de commutateur temporelle définie et réalisée pour ce projet. Après une présentation du réseau de connexion, les organes de commande du commutateur sont décrits, et l'on replace le sujet du mémoire : l'Unité de Marquage et de Signalisation à l'intérieur de cet ensemble.

La seconde partie : "Théorie de la structuration" présente tout d'abord une justification de la structure choisie. Le problème à résoudre est le suivant : pouvoir traiter, en temps réel, à l'aide d'un miniordinateur, de temps de cycle moyen de 4 μ s, un flot d'informations synchrones à haut débit (environ 80 Mb/s). La solution retenue consiste à placer entre le réseau de connexion en sortie duquel existe ce flot d'information, et l'Unité Centrale, un organe ayant pour but de filtrer ces informations pour

ne retenir que celles utiles au calculateur et également l'orienter, de la façon la plus précise possible, vers le traitement approprié. Ceci conduit alors à la structure à trois niveaux suivante :

- le calculateur
- le processeur Micro Programme
- le pré processeur câblé

Les deux derniers niveaux constituant l'Unité de Marquage et de Signalisation en UMS.

Cette partie se termine par la description du déroulement d'une communication, du point de vue charge des différents niveaux des organes de commande.

La troisième partie consiste en la description du Pré Processeur. Après avoir examiné les informations sur lesquelles il travaille, ainsi que les informations qu'il doit fournir, d'une part au réseau de connexion, d'autre part aux organes de commande, de niveau hiérarchiquement plus élevé, nous envisageons pour le Pré Processeur une structure d'automate câblé et définissons alors la structure choisie qui est réalisée autour d'une table de décision. Celle-ci est alors décrite ainsi que la logique de décision qui, recevant les informations en provenance de cette dernière, doit prendre une décision quant au traitement à effectuer sur ces données : les deux rôles du pré processeur apparaissent alors :

- le rôle du filtrage de l'information, celle-ci étant transmise aux étages plus élevés si elle est porteuse d'indications utiles pour ces étages.
- le rôle d'orientation du processeur micro programmé.

En outre dans cette partie sont décrits les échanges entre pré processeur et processeur micro programmé, la structure choisie, par file d'attente et mise en forme dans un coupleur, permettant de résoudre un problème de débits différents entre amont et aval et un problème de format.

La quatrième partie, consacrée au matériel du processeur micro programmé présente tout d'abord la micro machine du T1600 TELEMECANIQUE. Cette dernière ne peut être utilisée, dans le cadre de l'application traitée que si un certain nombre de modifications sont réalisées, modification en ce qui concerne principalement la mémoire de microprogramme, de capacité insuffisante ici, ainsi que la gestion des échanges entre les mémoires de programme, la mémoire de travail, la micro machine, le calculateur T1600. Nous décrivons alors la solution choisie : une extension mémoire de microprogramme est réalisée, une partie en mémoire morte (comme dans la micro machine standard) est complétée par une partie en mémoire vive. Une Unité de Gestion du bus mémoire, par lequel transitent les échanges mentionnés plus haut est également réalisée. Enfin nous définissons la procédure d'échange choisie entre le processeur micro programmé et l'Unité Centrale.

L'ensemble de la présente étude et de l'étude complémentaire (*) a donné lieu au dépôt d'un brevet enregistré sous le n° PV 75-27633.

* "Aspect fonctionnel de l'Unité de Marquage et de Signalisation de la maquette de commutateur de données HERMES" par G. LELARGE.

I.2 - Présentation

On s'accorde en général à penser que l'ensemble des moyens de communication constitue un puissant facteur de développement tant sur le plan des rapports humains que sur le plan Scientifique et Technique.

En donnant au terme communication le sens restrictif de Télécommunication, on voit encore apparaître deux grands axes de recherche correspondant à deux besoins fondamentaux de toute société moderne.

Le premier, celui de la transmission de la parole, est connu depuis longtemps déjà et le souci de développer un réseau commuté téléphonique accessible au plus grand nombre et aussi efficace que possible, a conduit au développement de nouvelles techniques telles que la transmission sur support numérique [2] et la commutation Electronique [1] qui semblent apporter des éléments de solution aux problèmes actuels.

Le second, celui de la transmission des données ou Télérinformatique, est apparu bien après la création des réseaux commutés téléphoniques. Il fut longtemps considéré comme un problème mineur puisqu'il affectait peu les rapports humains. Cependant, la croissance extraordinaire des moyens de traitement numérique de l'information a mis en évidence ce problème qui risque de devenir aigu, car l'augmentation de la puissance de traitement des systèmes informatiques, leur dissémination, la multiplicité des applications nécessitent, à moins d'un risque de freinage économique, la mise en place de réseaux de transmissions de données adaptés aux besoins toujours croissants des utilisateurs.

C'est dans cette optique qu'est née l'idée d'Hermès, réseau commuté réservé aux transmissions de données dont la conception s'inspire fortement des nouvelles techniques en matière de transmission - entièrement numérique - et de commutation - qui sera de type temporel [5], [6].

L'étude, dont le présent ouvrage expose quelques points, se situe dans le cadre de ce projet [7], [8], [9].

Elle concerne plus précisément la définition et la réalisation de l'Unité de Marquage et de Signalisation de la maquette de commutateur Hermès [10], [11], c'est-à-dire, d'une unité d'échange microprogrammée dont le rôle est d'assurer la liaison entre le réseau de connexion temporel (RCX) du commutateur [12], [3], [4] et son organe de commande.

La conception de l'UMS (Unité de Marquage et de Signalisation) est un travail d'équipe, on a pu mettre en évidence deux grands domaines de recherches, chacun faisant l'objet d'un document séparé.

En effet, puisque l'UMS est assimilable à un calculateur à programme enregistré, on a pu dissocier la partie "matériel", c'est-à-dire l'étude de la structuration générale et de sa réalisation, de la partie "logiciel", plutôt orientée vers les problèmes d'analyse fonctionnelle de pro-

grammation et de microprogrammation [13] , [14].

I.3 - Les réseaux de transmission de données

3.1 - La transmission des données

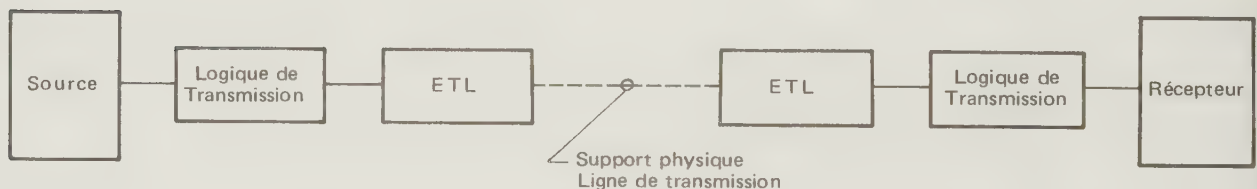
On définit la téléinformatique comme la transmission à distance de l'information reçue ou émise par un système informatique - sans en changer le contenu.

A l'apparition des techniques de traitement des données, on s'est efforcé d'implanter les centres de traitement de l'information à l'emplacement des sources d'information, mais la diversification des applications et le volume croissant des données furent bientôt tels qu'un traitement localisé devint impossible à envisager dans tous les cas.

Ainsi, s'introduisit le concept de la "liaison Téléinformatique", c'est-à-dire, de la voie de communication entre une source d'information quelconque et un dispositif récepteur distant.

3.2 - La liaison téléinformatique

Physiquement, une liaison téléinformatique est supportée par le système décrit dans le schéma ci-dessous.



Elle comprend pour un sens de transmission :

- une source d'information,
- une logique de transmission qui reçoit des informations dans la représentation interne de la source et qui produit un train binaire comprenant en général l'information émise par la source sous forme codée, avec une certaine redondance permettant la détection ou la correction des erreurs et éventuellement des informations de synchronisation telles que le récepteur puisse générer une horloge servant au décodage,
- des équipements de transmission, c'est-à-dire, un ETL (Équipement Terminal de Ligne) qui transforme le train binaire fourni par la logique de transmission en un signal adapté aux caractéristiques de la ligne de transmission.

A l'autre extrémité de la ligne, un autre ETL reçoit le signal, régénère le train binaire et l'envoie à la logique de transmission du dispositif récepteur.

D'un point de vue logique, une liaison téléinformatique se caractérise par :

- a) son débit d'information,
- b) le sens de la transmission :
elle peut être simplex , c'est-à-dire unidirectionnelle, semi duplex, c'est-à-dire à l'alternat ou duplex intégral lorsque les deux sens de transmission sont utilisés simultanément,
- c) le taux d'erreur, τ , défini par :

$$\tau = \frac{\text{Nombre d'éléments binaires erronés}}{\text{Nombre total d'éléments binaires transmis}}$$

3.3 - Les réseaux de transmission de données

La liaison téléinformatique est l'élément de base permettant l'élaboration de réseaux de transmission de données, c'est-à-dire d'ensembles comprenant N sources S_i .

$$\{S_i \mid i := 0, N-1\}$$

et M récepteurs R_j

$$\{R_j \mid j := 0, M-1\}$$

La solution la plus simple consiste à établir des liaisons à caractère permanent (S_i, R_j) entre les sources et les récepteurs susceptibles de communiquer entre eux; de telles liaisons sont dites liaisons spécialisées.



L'autre solution est de permettre à une source S_i d'entrer en communication non plus avec un seul récepteur R_j unique, mais avec l'un quelconque des récepteurs pris dans un sous-ensemble - groupe d'abonnés - de l'ensemble des récepteurs. Les liaisons ainsi établies ont un caractère temporaire, le réseau est dit commuté.

La voie logique (S_i, R_j) est établie à la demande de S_i ; dans ce cas, le temps d'établissement de la voie logique - ou circuit - (S_i, R_j) s'ajoute au délai de transmission dû au temps de propagation de l'information dans le réseau, et un protocole d'établissement de communication devra être mis en jeu entre, d'une part, S_i et la logique de gestion du réseau, et, d'autre part, entre cette même logique et R_j qui s'ajoute au protocole d'échange de bout en bout entre S_i et R_j après la mise en présence.

Les critères qui président à la conception d'un réseau de transmission de données, sont donc :

- le type de données à échanger,
- le délai de transmission,
- le taux d'erreur,
- la permanence de la liaison.

3.4 - Les réalisations sur le plan national

Pour faire face à la demande des utilisateurs, l'administration des PTT offre une gamme d'éléments de solution couvrant à peu près tous les besoins. Les diverses réalisations à la disposition de l'utilisateur, peuvent être classées en trois grandes catégories :

- a) les réseaux commutés non spécialisés en transmission de données,
- b) les liaisons spécialisées,
- c) les réseaux spécialisés en transmission de données.

a) Les réseaux commutés non spécialisés en transmission de données :

Il s'agit en premier lieu du réseau télégraphique ouvert aux transmissions de données en 1963. Il autorise deux classes de vitesses :

- jusqu'à 50 Bauds,
- jusqu'à 200 Bauds.

Durant la phase de communication, il est entièrement transparent aux codes utilisés par les

deux usagers en présence, mais la phase d'appel qui nécessite un dialogue entre appelant, appelé et réseau se fait dans le code CCITT n° 2.

Le réseau télégraphique est particulièrement utilisé pour les applications de temps partagé et en général pour toute liaison faisant intervenir des terminaux arythmiques basse vitesse.

La deuxième possibilité offerte à l'utilisateur est celle du réseau commuté téléphonique qui offre une gamme de services allant des transmissions à faible vitesse (50 Bauds et 200 Bauds duplex) aux transmissions à moyenne vitesse (600-1200 Bauds).

L'administration loue des modems (équipements terminaux de ligne) normalisés pour les transmissions à 600 et 1200 Bauds, utilisés pour la majorité des applications de téléinformatique sur le réseau téléphonique commuté, c'est-à-dire essentiellement le temps partagé.

b) Les liaisons spécialisées :

Un usager particulier a la possibilité de louer pour son propre compte des liaisons faisant partie de l'infrastructure générale du réseau géré par l'administration. Plusieurs types de liaisons sont disponibles suivant le débit et la qualité requis pour la transmission, mais, pour une liaison donnée, deux configurations sont possibles, la ligne point à point qui ne dessert que deux abonnés et la ligne multipoint qui est partagée entre n abonnés.

Les différents types de liaisons spécialisées offertes par l'administration couvrent toute la gamme des vitesses de transmission divisées en quatre grandes catégories :

- . Les liaisons télégraphiques,
- . Les liaisons téléphoniques de qualité normale (600-1200 Bauds) ou de qualité supérieure permettant des transmissions à 2400-4800 et 9600 bits par seconde,
- . Les liaisons en bande de base qui permettent des débits jusqu'à 72 kilobits par seconde,
- . Les circuits numériques à grande vitesse qui peuvent faire appel, soit à des techniques de modulation analogique (transmission à 64 kbs/s sur groupe primaire) ou entièrement numérique, telle l'utilisation de trames numériques à 2.048 Mbits par seconde.

c) Les réseaux commutés spécialisés :

Jusqu'à présent, aucune des solutions exposées, n'offre, à la fois la gamme étendue des utilisations possibles sur liaisons spécialisées et la souplesse d'un réseau commuté, c'est ce que l'on a cherché à faire en développant des réseaux commutés spécialisés dans les transmissions de données.

La seule réalisation actuellement opérationnelle est le réseau Caducée. C'est un réseau à commutation de circuits, c'est-à-dire, qu'il y a établissement entre deux usagers en communication d'une liaison permanente pendant toute la durée de la communication. En outre, la communication est de type spatial, puisque les circuits sont créés en maintenant une continuité métallique.

En outre, Caducée offre une qualité de transmission et des services adaptés à la téléinformatique, à savoir :

- un taux d'erreur de l'ordre de 10^{-5} (il est de 10^{-4} sur le réseau téléphonique commuté),
- le temps d'établissement d'un circuit est inférieur à 500 ms,
- la sélection peut être automatique alors que cette possibilité est interdite sur le réseau téléphonique commuté.

La mise en place de Caducée correspond à la volonté d'apporter une solution rapide mais provisoire à un problème aigu.

Provisoire, car utilisant les matériels les plus sophistiqués (supports de transmission et autres de commutation).

Caducée apparaît comme un réseau de "luxe" au sens où il a fallu pousser une technique déjà éprouvée à son stade ultime de développement pour obtenir un résultat juste suffisant sur le plan des performances.

L'expérience Caducée aura au moins le mérite d'ouvrir la voie aux nouveaux réseaux de données qui devront s'appuyer sur des techniques entièrement nouvelles.

I.4 - Introduction à Hermes

On peut considérer comme acquis le fait que les nouveaux réseaux de données aurait tous au moins deux composantes communes : l'utilisation du multiplex temporel pour la transmission et de réseaux de connexion temporels

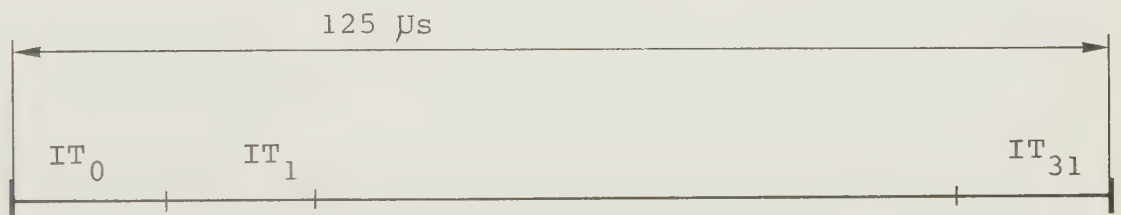
pour la commutation. Hermes n'échappe pas à cette règle, c'est pourquoi il paraît utile de rappeler ici brièvement les principes multiplexage dans le temps et la définition schématique d'un commutateur temporel.

4.1 - Le multiplexage temporel

L'idée de base du multiplexage temporel est d'associer à une voie logique de transmission (circuit) non pas une ressource physique (voie physique) continue dans le temps, mais un intervalle de temps dans une trame numérique. Ceci est utilisé tant en téléphonie numérique où l'on ne transmet plus un signal continu (information échangée entre deux abonnés en communication), mais, un signal constitué d'une suite d'échantillons quantifiés et codés sous forme de chiffres binaires, qu'en transmission de données où le signal transmis correspond aux éléments binaires échangés entre deux abonnés.

La trame numérique utilisée pour la téléphonie numérique et les transmissions de données est le multiplex à 2.048 Mb/s (appelé TN1) divisé en 32 intervalles de temps ($IT_0, IT_1, \dots, IT_{31}$) ; ce multiplex fait l'objet d'une norme internationale (Annexes G731, G732 du CCITT) [15].

trame numérique TN1



Pour les transmissions de données, les débits normalisés sont :

200 b/s
600 b/s
2400 b/s
9600 b/s
4800 kb/s

Or le débit sur une voie du TN1 (soit un IT) est de $2.048/32 = 64$ kb/s ; on est donc contraint d'utiliser des sous-multiplex de la voie à 64 kb/s, c'est ainsi que l'on pourra considérer la voie à 64 kb/s comme un assemblage hétérogène de voies à un débit inférieur, soit par exemple :

5 voies à 12800 b/s

ou : 4 voies à 12800 b/s et 4 voies à 3200 b/s

etc ...

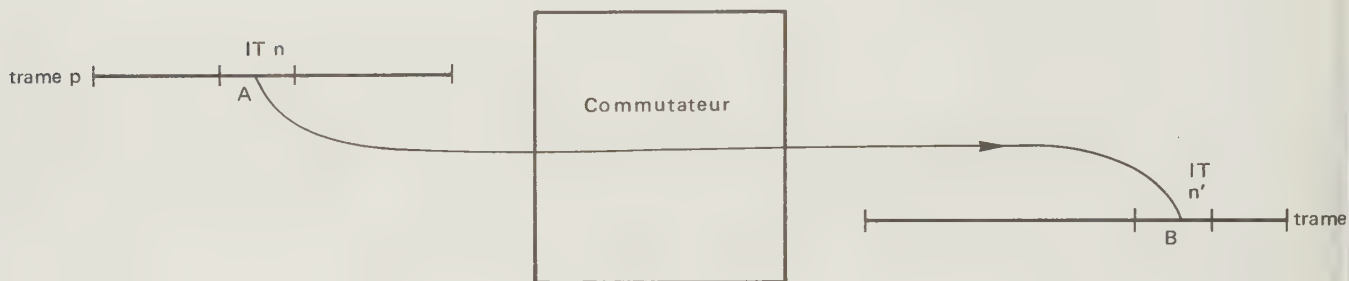
Etant entendu que la voie à 64 kb/s supporte un débit

utile de 48 kb/s,
que la voie à 12800 b/s supporte un débit
utile de 9600 b/s,
que la voie à 3200 b/s supporte un débit
utile de 2400 b/s.

Toutes les combinaisons sont possibles, le multiplex à 64 kb/s est défini par l'avis X50 du CCITT [15].

4.2 - La commutation temporelle

Lorsque l'on se place dans un contexte de transmission sur trames numériques, le problème de la commutation (établissement d'une voie de transmission entre deux abonnés) est celui du transfert de l'information circulant sur une voie d'une trame dans une autre voie d'une trame qui peut être différente.

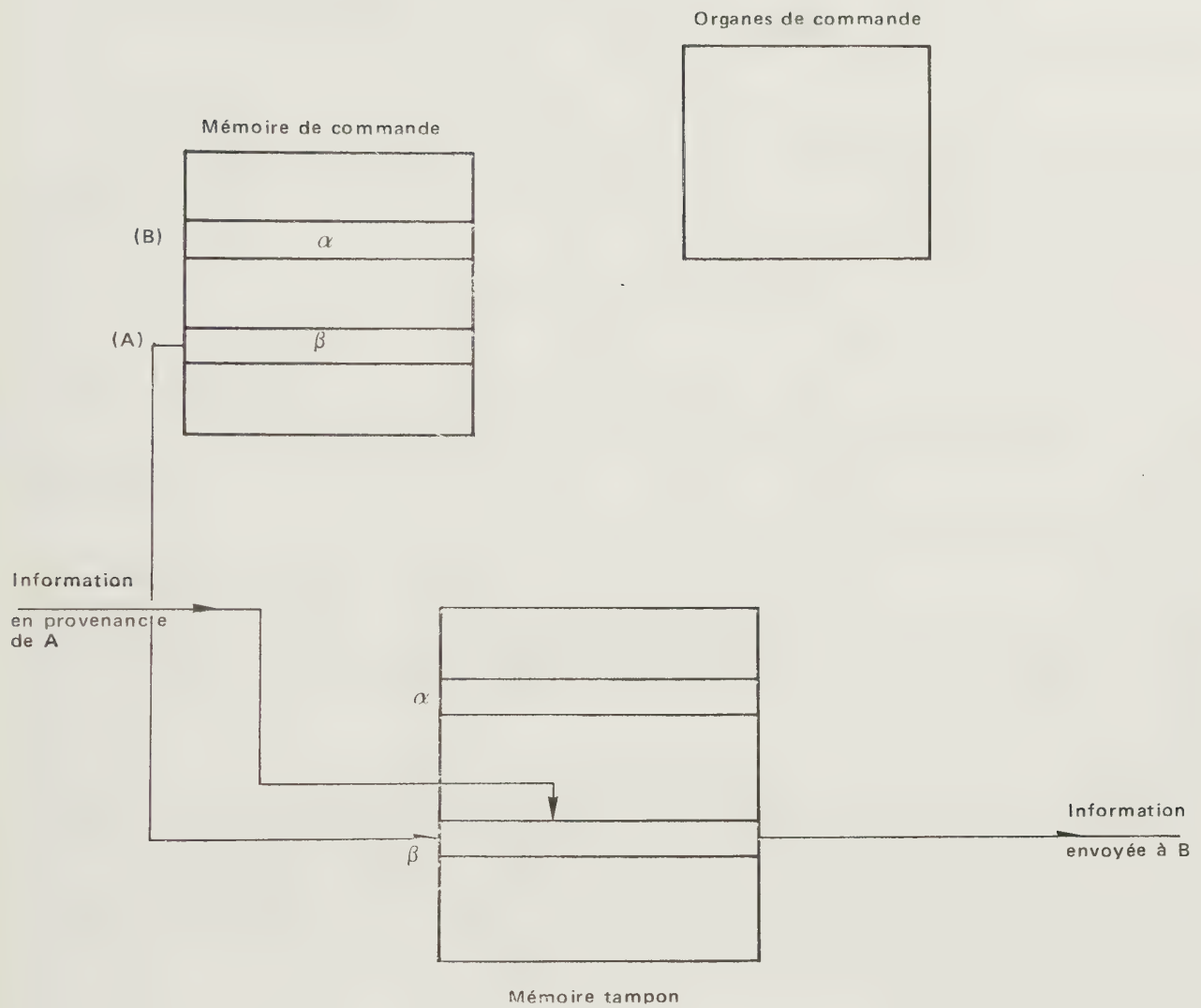


L'information émise par l'abonné A, qui arrive au commutateur durant l'IT n de la trame p, doit être envoyée à l'abonné B durant l'IT n' de la trame p'. Les trames p et p', les intervalles de temps n et n' étant indépendants, il va donc falloir mémoriser les informations qui arrivent durant certains IT pour les retransmettre lors d'autres IT.

L'organe qui assure ce travail, le réseau de connexion (RCX) comprend donc principalement :

- une mémoire tampon, où l'on écrit les informations émises par les abonnés,
- une mémoire de commande, qui indique :
 - . soit, la manière de vider la mémoire tampon (réseau de connexion à commande aval),
 - . soit, la manière de remplir la mémoire tampon (réseau de connexion à commande amont),
- un dispositif logique qui gère cet ensemble de mémoires et en particulier qui écrit dans la mémoire de commande : les organes de commande.

La mémoire de commande contient un mot réservé pour chaque voie. Lors de l'établissement de la communication, on a écrit, sous le contrôle des organes de



commande, dans le mot réservé à l'abonné A, l'adresse β en mémoire tampon où l'on écrit les informations relatives à l'abonné B, et de même pour l'abonné B.

Durant la communication, les opérations effectuées dans le RCX, sont les suivantes :

- inscription de l'information émise par A en mémoire tampon à l'adresse β réservée à l'abonné B, durant l'IT n de la trame p,
- lecture lors de l'IT n' de la trame p' de la case de mémoire tampon d'adresse (β) (relative à l'abonné B),
- envoi de cette information lors de l'IT n' de la trame p' en direction de l'abonné B.

On envoie donc bien à l'abonné B, les informations émises par l'abonné A.

Lors de la rupture de la communication, les organes de commande effaceront dans la mémoire de commande, à l'adresse relative à A, le contenu de β .

Les échanges dans le sens B vers A se passent évidemment de la même manière.

La structure décrite ici correspond en fait à mettre en forme les trames sortantes dès l'écriture en MT. La lecture en mémoire tampon peut alors se faire de façon cyclique. La maquette de commutateur étudiée ici est de ce type.

Une autre solution consiste à écrire les informations en provenance de A dans un mot de la mémoire tampon à une adresse relative à l'abonné A et de venir lire ce mot lors de l'IT n' de la trame p' relatif à l'abonné B. Les trames sortantes ne sont alors mises en forme que lors de la lecture en MT. Le réseau de connexion du commutateur E 10 (PLATON) fonctionne sur ce principe.

4.3 - Structure des informations transmises

Nous avons vu que la structure du multiplex utilisé nous permettait de transmettre en ligne des octets. En fait, en plus des données échangées par les abonnés, le réseau doit acheminer deux types d'information :

- la synchronisation qui permet de reconnaître les trames et les IT,
- la signalisation qui permet l'établissement des communications.

Les informations transmises par l'abonné comporteront en plus des données, des indicateurs pré-

cisant si l'information correspond à des données envoyées au correspondant ou, au contraire, à des indications envoyées au central, lorsque l'abonné est en phase de signalisation.

En ligne, sont transmis des octets avec une structure d'enveloppe : ceci signifiant que les n éléments binaires utiles sont encadrés d'un e.b. de verrouillage (e.b.F) repérant le début de l'enveloppe et d'un e.b. d'état (e.b.S) indiquant la nature de l'information.

L'abonné (cas des abonnés synchrones) transmettant des caractères de 8 e.b., on est conduit à envisager la structure suivante, appelée quadrioctet, pour la transmission des informations envoyées par les abonnés :

octet A	F	P		S _A
" B	F	P	Q	S _B
" C	F	Q	R	S _C
" D	F	R		S _D

Les 32 e.b. transmis en ligne lors de quatre intervalles de temps successifs d'une voie, comprennent quatre octets ; chacun de ces octets comportant un e.b. de verrouillage, 6 e.b. d'information et un e.b. d'état.

En mode donnée, les 24 e.b. d'information sont libres de tout format. Ils peuvent en particulier, comme en mode signalisation, transporter trois caractères de 8 e.b., notés P, Q et R. Les e.b. d'état S_B, S_C et S_D sont associés, chacun, à un caractère; l'e.b. S_A, par contre, est utilisé pour d'autres usages, notamment pour ce qui concerne les alarmes ou le bouclage d'un abonné.

Pour ce qui est des abonnés telex, transmettant des caractères de 5 e.b., ceux-ci sont cadrés à l'intérieur d'octets de type A.

La structure de quadrioctet ainsi envisagée nous permet de transmettre à travers le réseau des données relatives tant aux abonnés synchrones, qu'aux abonnés asynchrones.

Cette structure de quadrioctet fait également l'objet d'une norme internationale (avis X50 du CCITT) [15].

4.4 - Les services offerts sur Hermes

Pour tenir compte des besoins en téléinformatique, un certain nombre de services nouveaux seront

disponibles dans le réseau HERMES :

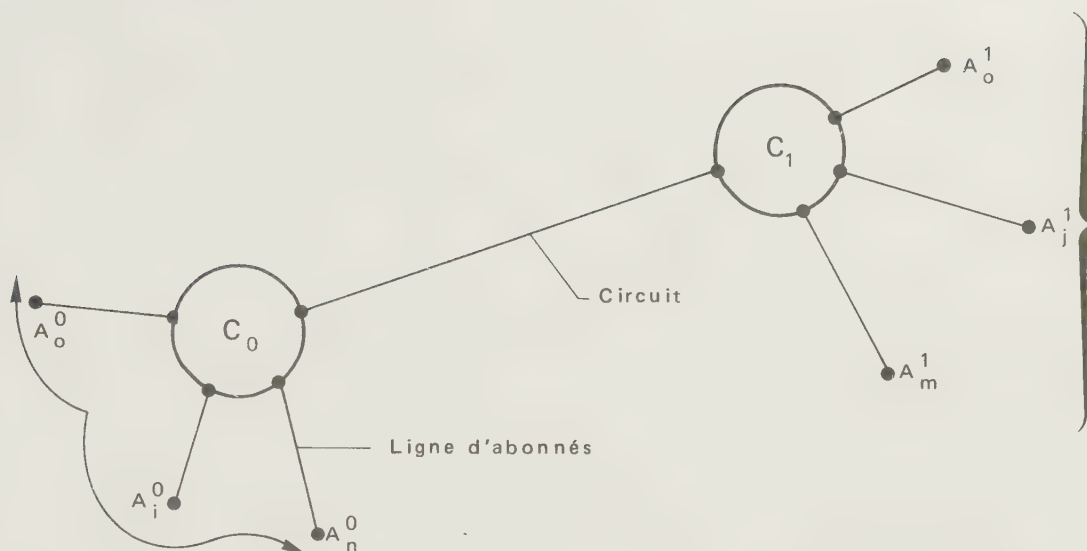
- numérotation abrégée : les abonnés peuvent disposer d'une liste de numéros abrégés concernant leurs correspondants les plus fréquents. Au lieu d'envoyer, lors de la phase de signalisation, tous les chiffres du numéro du correspondant, l'abonné n'enverra que les chiffres du numéro abrégé, la traduction entre les deux numéros étant faite dans le commutateur,
- appel direct (hot line) : dès le décrochage, l'abonné est mis systématiquement en communication avec un correspondant particulier,
- diffusion : l'abonné a la possibilité de transmettre, en simplex (c'est-à-dire, transmission dans un sens uniquement) les mêmes informations à plusieurs correspondants,
- création d'un réseau fermé temporaire avec station maîtresse et stations esclaves,
- transfert d'appel automatique : les communications en direction d'un abonné sont systématiquement envoyées à un autre abonné,
- remise de message différée : un message envoyé par un abonné en direction d'un ou plusieurs correspondants, sera transmis à ceux-ci dès qu'ils seront libres,
- mémorisation d'un appel infructueux : lors d'un appel, le correspondant n'étant pas libre, le commutateur rappellera celui-ci dès qu'il sera libre et appellera ensuite l'abonné demandeur pour établir la communication,
- rappel immédiat du commutateur sans libération : lors d'une communication, l'abonné a la possibilité de rappeler le commutateur sans qu'il y ait libération.

Un certain nombre de mesures seront réalisées dans le réseau en ce qui concerne le taux d'erreurs en ligne et la rapidité d'établissement des communications. Pour cette dernière, le commutateur de la maquette devra pouvoir établir cette communication en un temps inférieur à 0,5 s.

I.5 - Le Noeud Hermes

5.1 - Les accès au commutateur

D'une façon générale, un commutateur dispose de deux grandes catégories de voies d'accès ; les lignes d'abonnés directement reliées aux équipements terminaux des abonnés locaux desservis par le commutateur et les circuits qui servent aux liaisons entre commutateurs ; chacune de ces liaisons étant bidirectionnelles.



En fait, cette partition entre ligne d'abonné et circuit ne repose pas uniquement sur des considérations matérielles, mais également, sur des critères logiques, les procédures de signalisation terminale (entre un abonné et son centre de rattachement) et de signalisation inter-centraux sont différentes et le commutateur devra les distinguer.

Outre cette partition au niveau fonctionnel des moyens d'accès au commutateur, il existe une classification par type de trafic.

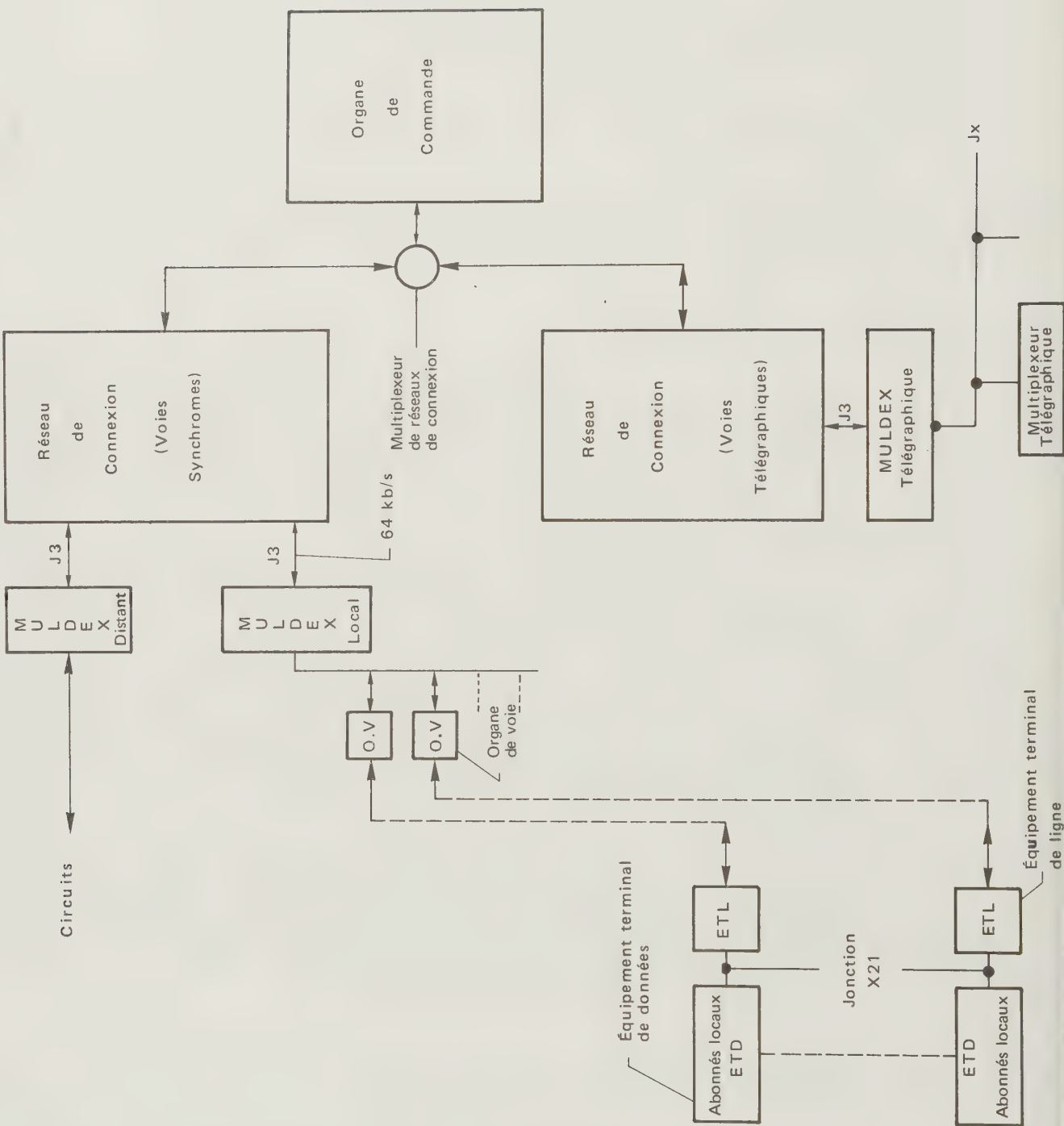
On a voulu, en effet, avec Hermes, réaliser un réseau spécialisé pour la transmission des données et offrir une gamme maximum de Services à l'utilisateur. Les classes de trafic offertes sont pour la maquette réalisée : le 2400 bits par seconde et le 9600 bits par seconde synchrones et le 50 Bauds télégraphique.

Il y aura donc deux catégories de lignes d'abonnés : les lignes d'abonnés synchrones (2400 et 9600 bits par seconde) et les lignes d'abonnés télégraphiques; les circuits pourront être, soit spécialisés dans une classe de vitesse, dans une classe de trafic ou bien véhiculeront un multiplex hétérogène.

5.2 - Le canal d'accès au commutateur Hermes

La figure de la page suivante donne le découpage du commutateur en grands blocs fonctionnels. Pour comprendre son fonctionnement, le plus simple est de suivre le cheminement de l'information depuis l'équipement terminal situé chez l'abonné. Nous traiterons le cas des voies synchrones, le principe étant le même pour les liaisons télégraphiques.

Le nœud de commutation Hermès



- Le_raccordement_terminal

Vu du réseau, l'abonné est considéré comme un équipement terminal de données (ETD), celui-ci présente une jonction électrique normalisée - X26 - (du CCITT) [15] et une jonction logique - X21 - (*), qui définit la procédure de gestion de la signalisation terminale de ligne.

L'équipement terminal de ligne (ETL) est un équipement propre au réseau ; il présente également la même interface normalisée que l'équipement terminal de données (ETD), il est, par contre, entièrement transparent aux données émises par l'ETD.

Son rôle est de fournir à l'ETD un rythme (horloge bit et horloge caractère) lui permettant d'émettre son train de données. Dans le sens émission, l'ETL reçoit de l'ETD un train d'éléments binaires qu'il découpe par tranche de six, ce qui lui permet de les insérer dans un motif de quadrioctets.

Dans le sens réception, l'ETL reçoit des quadrioctets du réseau, synchronise son horloge interne d'après le motif de bits prévu et récupère dans le train de données reçu l'information à fournir à l'ETD.

Si le débit nominal de l'abonné est de 2400 bits par seconde, le débit en ligne à la sortie de l'ETL est de 3200 bits par seconde, compte tenu de l'insertion des bits F et S, de même pour un débit de 9600 bits par seconde, le débit réel en ligne sera de 12800 bits par seconde.

La transmission sur la ligne d'abonné est numérique (en code biphase).

- le raccordement de la ligne d'abonné au commutateur est fait par l'intermédiaire de l'organe de voie ($\emptyset V$), celui-ci régénère le signal qu'il reçoit de l'ETL et lui envoie des quadrioctets.

L'organe de niveau immédiatement supérieur à l' $\emptyset V$ dans la hiérarchie d'accès au commutateur, le MULDEX (Multiplexeur - Demultiplexeur) est connecté à plusieurs $\emptyset V$. Il crée à partir des différentes voies qu'il reçoit un multiplex à 64 kilobits par seconde.

Ce multiplex peut être, soit homogène, c'est-à-dire regrouper 5 voies à 9600 bits par seconde de débit nominal (5 $\emptyset V$ raccordés) ou bien 20 voies à 2400

(*) L'avis X21 étant en cours d'élaboration, un schéma de signalisation approximatif a été utilisé ; il est décrit en annexe.

bits par seconde (20 ØV) raccordés, soit hétérogène, c'est-à-dire, comporter des voies à différentes vitesses.

Dans le sens commutateur vers abonné, le MULDEX répartit ses différentes voies temporelles respectivement entre les différents organes de voies qui lui sont raccordés.

5.3. - Le brassage des voies

La commutation proprement dite, c'est-à-dire, puisque le commutateur est de type temporel, l'échange des données entre deux intervalles de temps des multiplex entrants se fait dans un réseau de connexion (RCX).

Un réseau de connexion reçoit plusieurs fonctions à 64 kilobits par seconde.

La maquette de commutateur actuellement réalisée dispose de deux RCX :

- le premier ou RCX "synchrone" a une capacité de 128 voies à 9600 bits par seconde, et 640 voies à 2400 bits par seconde,
- le second ou RCX "télégraphique" a une capacité de 5120 voies télégraphiques à 50 Bauds.

Le principe de fonctionnement du réseau de connexion sera exposé dans un paragraphe ultérieur, mais, on peut déjà dire que, si le RCX est capable de fonctionner de façon autonome, c'est-à-dire, de brasser les voies entrantes, il est nécessaire de lui adjoindre un organe de commande dont le rôle sera d'une part, d'établir des circuits en donnant des ordres de connexion au RCX, et, d'autre part, de superviser l'ensemble du commutateur par la gestion d'un système d'alarme.

C'est pourquoi toutes les informations provenant des multiplex entrants auxquelles les RCX ajoutent des informations caractérisant l'état de chaque voie, sont multiplexées sur un bus unique qui aboutit à l'organe de commande. Ce multiplexage se fait au niveau du multiplexeur de RCX (voir figure précédente), le bus est bidirectionnel, les échanges se font en parallèles sur 44 éléments binaires vers l'organe de commande, sur 40 éléments binaires vers le RCX ; la cadence de l'échange est fixée à 1Mhz.

. L'Organe de commande

On a vu qu'il avait à la fois un rôle actif, celui d'établir des circuits, c'est-à-dire, un lien logique entre deux voies entrantes, et un rôle de surveillance du commutateur, en particulier et du réseau, en général.

Afin d'assumer ces deux fonctions, il reçoit sur le bus de communication toutes les informations transitant dans le commutateur ainsi que des données mémorisées lui permettant de connaître l'état antérieur de chaque voie du multiplex.

L'interface entre le multiplexeur de réseaux de connexion est décrit dans [3], [4] ; pour chaque intervalle de temps, l'organe de commande reçoit :

- le caractère émis sur la voie considérée,
- l'adresse ou le numéro de la voie dans le multiplex,
- un mot permettant de caractériser l'état antérieur de cette voie,
- un groupe d'éléments binaires relatifs à la procédure d'établissement de circuits, et à la procédure de signalisation des alarmes.

La première tâche de l'organe de commande sera de filtrer cet ensemble d'informations, de façon à distinguer les voies qui nécessitent vraiment une intervention. En effet, une voie au repos (dans l'état "ligne libre") ou en communication (circuit déjà établi) est prise en compte de façon autonome par le RCX; par contre, au moment de l'établissement ou de la rupture d'un circuit, et dans le cas d'alarme détectée, l'organe de commande doit intervenir et il s'instaure un dialogue entre l'ETD trafiquant sur la voie en question et l'organe de commande.

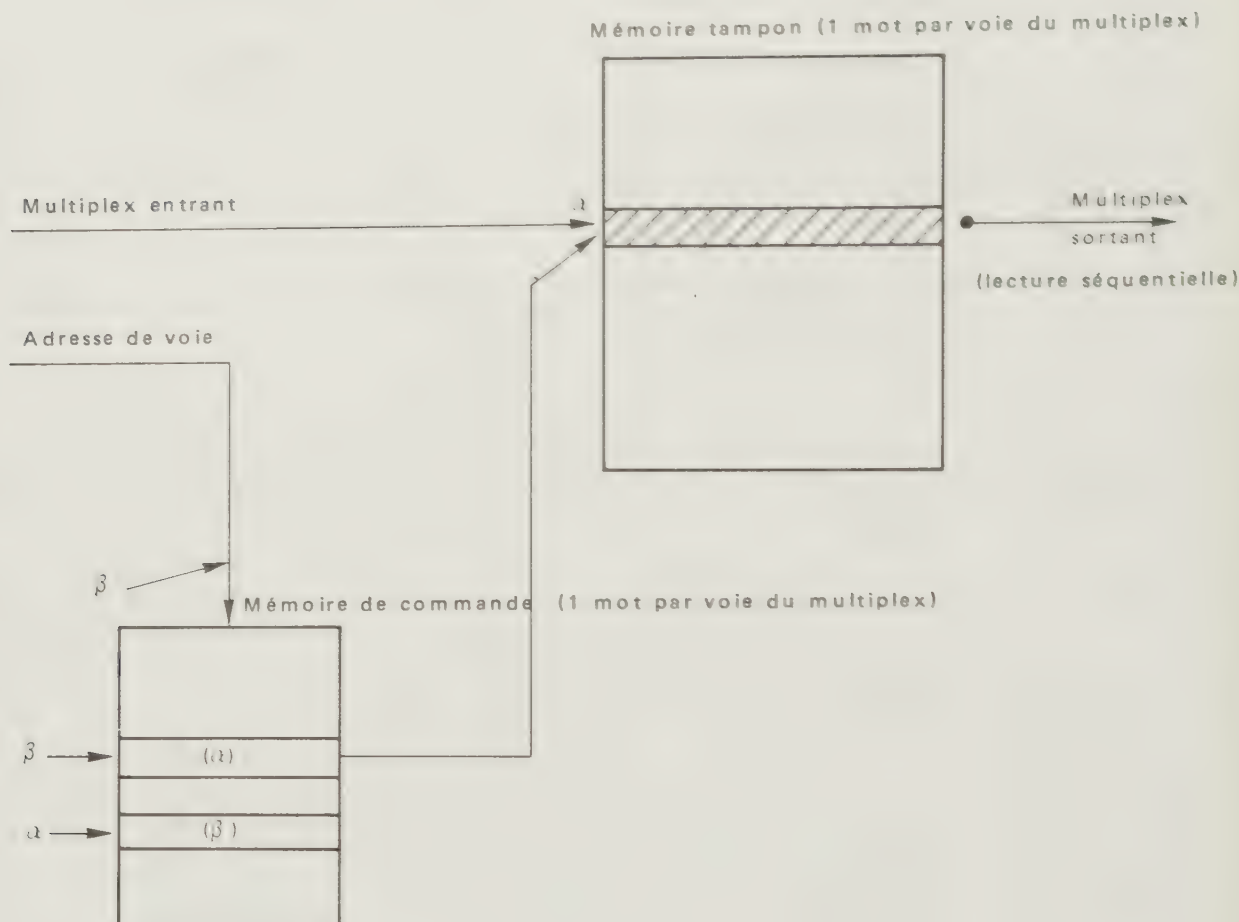
Donc, l'organe de commande a la charge de gérer la procédure d'établissement des circuits, c'est-à-dire, de recevoir les caractères de sélection de l'abonné appelant (qu'il soit local ou distant), de distinguer si l'appelé est local ou distant. Si l'abonné appelé est un abonné local, l'organe de commande devra déterminer si la communication est possible ou non ; si elle est possible, il devra entamer la procédure de mise en présence, sinon, il enverra un accusé de réception négatif au demandeur. Si le demandé est un abonné distant (cas de l'appel distant ou au transit) l'organe de commande devra trouver un circuit de départ vers son centre de rattachement, et établir un dialogue avec un autre noeud de commutation.

Il incombe, en outre, à l'organe de commande, des tâches de comptabilité, de taxation et de statistiques sur le trafic écoulé ainsi que des tâches de surveillance du réseau et du commutateur, que l'on regroupe sous le vocable de télémaintenance.

5.4 - Le réseau de connexion

- Principe et fonctionnement

Le réseau de connexion de la maquette de commutateur est dit à commande amont.



Ce type de réseau de connexion s'articule autour d'une mémoire tampon dans laquelle un mot est réservé pour chaque voie du multiplex entrant. Pour effectuer le brassage des voies, c'est-à-dire l'échange de l'information d'une voie dans une autre, ou en d'autres termes, la mise en communication de deux voies, il suffit d'écrire en mémoire tampon l'information reçue sur une voie, à un emplacement correspondant à l'adresse de la voie sortante avec laquelle la communication est établie. On crée ainsi en mémoire l'image instantanée du multiplex sortant que l'on restitue par lecture séquentielle de la mémoire tampon.

En pratique, le réseau de connexion lit dans une mémoire (mémoire de commande) - qu'il adresse par le numéro de la voie qu'il a à traiter - l'adresse d'inscription en mémoire tampon (voir figure ci-dessus).

C'est l'organe de commande qui gère le contenu de la mémoire de commande, et on voit que pour mettre en communication deux abonnés, A auquel correspond une voie d'adresse (α) et B, auquel correspond une voie d'adresse (β), il lui suffit :

- de mettre β dans le mot d'adresse (α) et α dans le mot d'adresse (β) pour qu' automatiquement le RCX assure l'entretien de la communication.

I.6 - L'organe de commande - l'UMS

L'organisation fonctionnelle du commutateur a été donnée dans le dernier paragraphe ; elle est rappelée dans le schéma ci-contre (*).

Par LRE (Ligne Réseau Entrante), le RCX reçoit des octets (de quadrioctets) en provenance d'un multiplexeur d'entrée.

Parallèlement, il dispose d'informations lui permettant de calculer l'adresse de voie de l'octet entrant, c'est-à-dire, un numéro d'identification de l'IT traité. Il distribue ensuite cette adresse sur les fils LAV (Ligne d'Adresse de Voie) aux organes de commande.

Disposant de ces informations, le RCX effectue les opérations suivantes :

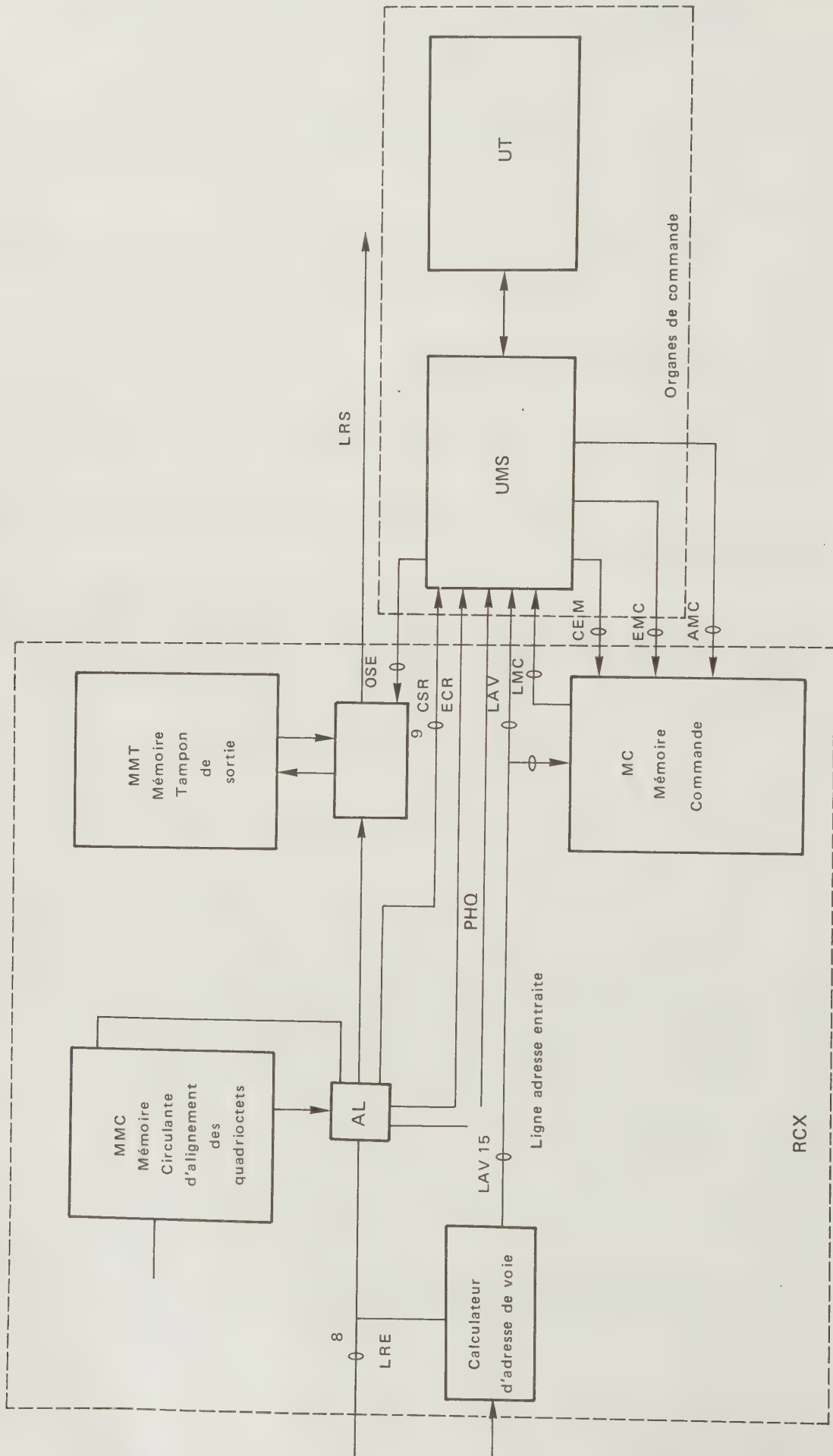
- 1°) Extraction des octets d'information utile ou caractères des quadrioctets

Il est facile de voir que trois fois sur quatre, on peut de deux octets successifs reçus, extraire un caractère d'information. Cette opération est réalisée au moyen d'une mémoire circulante de N mots (N étant le nombre de voies traitées par le RCX) dans laquelle on vient mémoriser le dernier octet reçu sur une voie de façon que N IT plus sort lorsqu'arrivera l'octet suivant émis sur la même voie ou dispose des deux octets successifs.

Le RCX envoie ensuite le caractère extrait aux organes de commande.

(*) Une description plus détaillée est donnée dans deux notes techniques projets [10], [11].

LES ORGANES DE COMMANDE – LEUR LIEU AVEC LE RÉSEAU DE CONNEXION



2°) Réarrangement des quadrioctets

Le problème de la mise en communication de deux abonnés A et B (transfert d'un IT_A à un IT_B) est quelque peu compliqué par le fait que A émet des quadrioctets, que B reçoit des quadrioctets et que la "phase" (numéro de de l'octet dans le quadrioctet) de l'octet présent à l' IT_A n'est en général pas la même que celle de l'octet que l'on doit émettre à l' IT_B .

En fait, on montre qu'il est possible étant donné deux octets successifs de phase quelconque, d'en extraire un octet ayant une phase donnée. Le "glissement" des quadrioctets est également réalisé à partir de la mémoire circulante.

Les octets reconfigurés sont ensuite inscrits dans la mémoire tampon.

6.1 - Les organes de commande

On peut décomposer la tâche des organes de commande en six fonctions spécifiques :

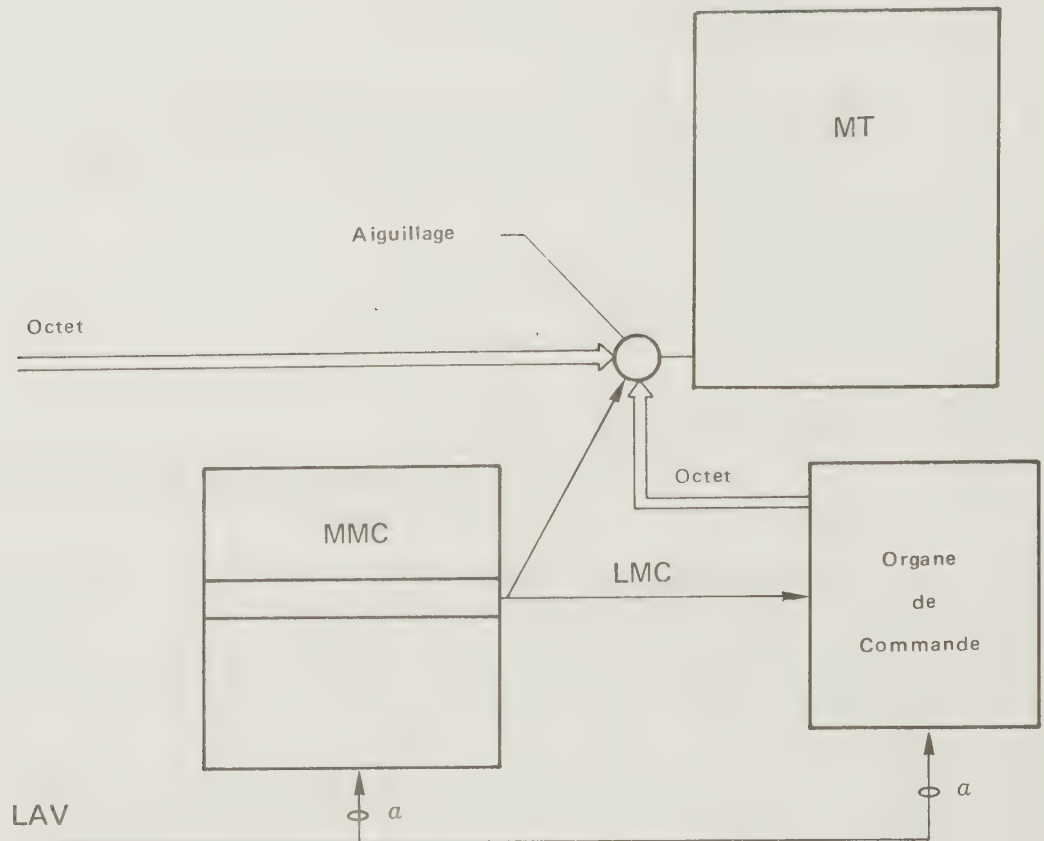
- ① Supervision des voies entrantes - en particulier, détection des demandes d'appel,
- ② Prise en compte des caractères de sélection émis par l'abonné,
- ③ Calcul de l'adresse de voie du correspondant éventuel à partir du numéro d'annuaire envoyé par l'appelant,
- ④ Connexion de l'appelant et de l'appelé, c'est-à-dire, communication au RCX de deux adresses en mémoire tampon,
- ⑤ Maintenance automatique du centre par la surveillance d'un canal d'alarme,
- ⑥ Taxation des communications, observation de trafic et statistiques.

Pour mener à bien ces opérations, l'unité de commande dispose à chaque IT (toutes les 976 ns) :

- d'un caractère en provenance d'un abonné (CR) et le bit S associé ainsi qu'un indicateur de validité du caractère reçu (ECR). En effet, une fois sur quatre, le caractère émis par le RCX est sans signification,
- d'un mot de commande - LMC (Lecture Mémoire de Commande). A chaque IT, le RCX adresse une mémoire dans laquelle chaque abonné dispose d'un mot contenant des indications sur son état (libre, indisponible ...).

Cette mémoire est utilisée par l'organe de commande puisqu'automatiquement le mot lu lui est envoyé à cha-

que IT mais il peut aussi y inscrire des informations notamment au moment de la connexion de l'organe de commande inscrit dans les mots de commande respectifs de l'appelant et de l'appelé respectivement les adresses de voie de l'appelé et de l'appelant et un indicateur de mise en communication,



- d'une base de temps, BT, donnant la cadence des caractères entrants (la fréquence choisie pour BT est à l'heure actuelle de 1.024 Mhz).

Dans l'autre sens, l'organe de commande peut :

- dialoguer avec les abonnés en allant écrire directement des octets (de quadrioctets) en mémoire tampon ; pour cela il dispose d'une indication de phase (PHQ) fournie par le RCX et d'un accès à la mémoire tampon ØSE (Octet de Signalisation Emis).

Toutefois, l'octet émis par l'organe de commande ne sera écrit en mémoire tampon que si l'abonné correspondant n'est pas déjà en communication.

- modifier le contenu d'un mot de la mémoire de commande, en activant le fil de commande écriture mémoire (CEM) et en affichant l'adresse du mot à modifier sur les fils AMC (Adresse Mémoire de Commande).

On s'impose également de n'émettre au plus qu'un seul octet sur ØSE et de n'effectuer au plus qu'une seule écriture en mémoire de commande au cours d'un IT.

En définitive, si l'on fait le bilan des tâches incombant aux organes de commande, on peut dégager deux grandes classes de fonction :

1°) Des tâches synchrones :

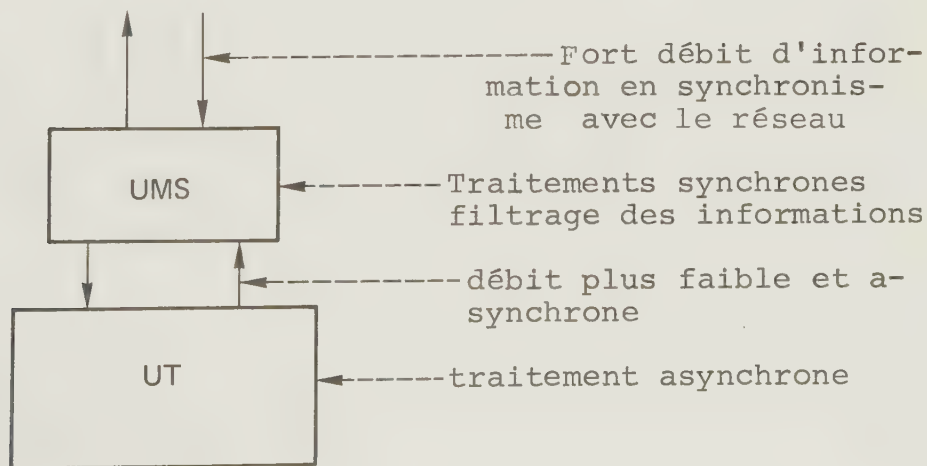
A chaque IT (soit, toutes les 976 nanosecondes) l'organe de commande reçoit du RCX un ensemble d'informations relatives à un abonné ; il lui faut alors, pendant ce laps de temps :

- . déterminer l'état de cet abonné (par la lecture de son mot de commande),
- . lire le caractère qu'il envoie et éventuellement, déceler un changement d'état,
- . émettre vers cet abonné un octet avec une phase donnée,
- . déterminer la nature du traitement à effectuer si besoin est (changement d'état - initialisation d'une communication

2°) Des tâches asynchrones :

Outre les tâches synchrones qui doivent être effectuées à une cadence imposée par le réseau, l'organe de commande se voit confier des travaux moins urgents, et plus sophistiqués tels que la gestion d'un fichier d'abonnés, le calcul de l'adresse de la voie d'un abonné demandé.

C'est de cette dualité au niveau de l'analyse fonctionnelle qu'est apparu le besoin de scinder l'organe de commande en deux (figure ci-dessous) :



- a) L'Unité de Marquage et de Signalisation (UMS) chargée des traitements synchrones. C'est elle qui assure le dialogue entre le RCX et l'organe de commande, elle joue le rôle d'unité d'échange entre le RCX et l'unité de traitement.

Elle supervise les communications par surveillance de l'état de chaque abonné ; elle détecte les alarmes éventuelles en provenance des autres organes du commutateur.

- b) L'Unité de Traitement :

Elle est chargée des traitements asynchrones ; son rôle de base est, compte tenu des caractères de sélection émis par un abonné appelant (retransmis par l'UMS) de :

- . calculer l'adresse de voie du correspondant,
- . vérifier si l'appelant peut accéder à l'appelé, c'est-à-dire :
 - si l'appelé n'est, ni occupé, ni indisponible, ni en dérangement ... ,
 - si l'appelant a accès à la classe de service demandé,
- . donner à l'UMS les directives pour l'établissement de la communication, qui en assurera l'exécution.

En outre, l'UT (Unité de Traitement) devra assumer la gestion du centre, c'est-à-dire, la taxation et l'observation de trafic.

Compte tenu de la complexité des opérations, l'unité de traitement doit être un calculateur à programme enregistré (un modèle T 1620 de la Télémécanique a été choisi) de type classique. Pour l'UMS, le problème n'est pas aussi simple; d'une part, sa tâche est suffisamment complexe pour nécessiter la mise en oeuvre d'un calculateur à programme enregistré, et, d'autre part, les contraintes de temps imposées par le volume des informations à traiter écartent à priori l'hypothèse d'un calculateur de type classique. C'est pourquoi une structure originale construite autour d'une unité centrale microprogrammée - donc rapide - à laquelle on adjoint un automate programmable pour le rôle de filtre, a dû être développée.

CHAPITRE 2

THEORIE DE LA STRUCTURATION

II.1 - CHOIX D'UNE STRUCTURE

Lors des études préparatoires à l'élaboration du projet de transmission de données HERMES, il fut décidé que les commutateurs, qui devaient pouvoir fonctionner quel que soit le type de signalisation choisie, seraient à programme enregistré.

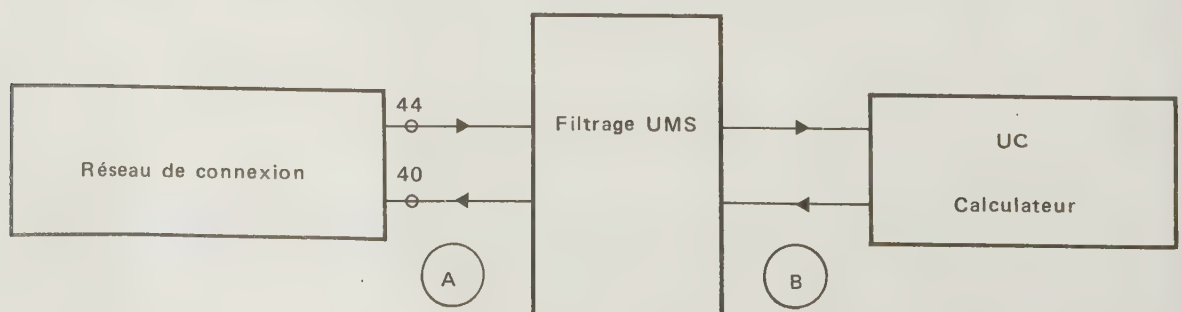
Compte tenu de la taille de la maquette, le choix devait se porter à l'époque sur un mini ordinateur, c'est-à-dire un ordinateur de temps moyen d'exécution d'environ 4 μ s, de capacité mémoire 16 ou 32 k mots de 16 éléments binaires, auquel seraient raccordés une mémoire de masse ainsi que différents périphériques.

Le calculateur choisi, le problème se posait alors de définir l'interface entre ce dernier et le réseau de connexion.

Un rapide calcul montrait que toutes les micro-secondes arrivaient en parallèle sur 44 fils des informations et qu'en même temps l'organe de commande devait renvoyer des informations sur 40 fils en parallèle. Un tel débit d'information ne pouvait pas être pris en compte par le calculateur envisagé, et même par un calculateur de capacité nettement supérieur (synchrone).

Cependant en étudiant la nature des informations reçues à l'interface, on pouvait classer ces informations en deux catégories. Dans la première, l'organe de commande recevait des informations indiquant que l'abonné dont il s'agissait restait dans un état stable. Le traitement à effectuer sur ces données était alors très simple. Dans la seconde hypothèse, l'organe de commande recevait des informations qui lui indiquaient qu'un abonné désirait changer d'état, par exemple passer de l'état libre à l'état en signalisation. Dans ce cas le traitement pouvait être assez complexe et nécessiter une durée très supérieure à celle de l'intervalle de temps (976 ns).

Pour décharger le calculateur on pouvait alors concevoir un organe de filtrage d'information qui, recevant les informations en provenance du réseau de connexion, traiterait ces informations si celles-ci nécessitaient un traitement bref, alors qu'il les transmettrait au calculateur si celles-ci nécessitaient un traitement peu important. On en arrivait alors à la structure suivante où s'introduisait l'organe de filtrage d'information appelé ici l'Unité de Marquage et de Signalisation.



- (A) Toutes les 976 ns envoi dans chaque sens d'une série d'informations, en synchronisme avec le réseau.
- (B) Informations envoyées au calculateur à une fréquence telle qu'il puisse les traiter, de manière asynchrone avec le réseau de connexion.

Le rôle de l'organe de filtrage devait être le suivant : recevoir toutes les informations en provenance du réseau de connexion, prendre une décision quant au traitement à effectuer au sujet de ces informations, envoyer à l'UC, sous une forme aisément assimilable par elle, les informations relatives à un changement d'état de l'abonné, traiter par contre les informations qui n'étaient pas relatives à une modification de l'état de l'abonné, enfin transmettre au réseau de connexion les informations envoyées en retour par l'UC, informations ayant entre autre pour but de "marquer" dans le réseau de connexion le nouvel état de l'abonné. Le rôle de filtrage d'informations était alors réalisé : seules arrivaient à l'UC les informations utiles (c'est-à-dire celles relatives à un changement d'état d'un abonné). Le travail consistait alors à définir plus précisément la structure de l'Unité de Marquage et de Signalisation et de la réaliser.

Une première idée était de concevoir cette Unité de Marquage et de Signalisation comme un organe microprogrammé, ceci étant nécessaire puisqu'il devait être adapté à n'importe quelle signalisation. On pouvait alors décider de développer cet organe microprogrammé à base d'éléments de logique très rapide, de façon à avoir un temps de cycle moyen de 100 ns environ. Cette possibilité en fait était irréalisable d'un point de vue économique, son coût étant supérieur au coût de l'UT.

Du point de vue matériel, une telle opération aurait demandé une durée de mise au point incompatible avec le calendrier arrêté pour l'ensemble du projet, de plus les problèmes techniques posés par une telle réalisation n'étaient pas, à l'époque, tous résolus.

Une solution plus satisfaisante, tant au point de vue matériel qu'économique, consistait, puisque la rapidité à laquelle on travaillait nécessitait un organe microprogrammé, à prendre la micromachine d'un calculateur et de l'adapter à l'application sur laquelle on travaillait. Actuellement, avec l'apparition des microprocesseurs, le choix aurait sûrement été différent. Plusieurs structures auraient pu être envisagées pour l'organe de filtrage : un microprocesseur très rapide ou plusieurs microprocesseurs fonctionnant à des vitesses moindres mais chacun spécialisé sur un ensemble de tâches particulières.

Utilisant comme calculateur un mini-ordinateur T1600 TELEMECANIQUE, lui-même micro-programmé, il était logique de choisir comme micromachine celle du T1600, ceci permettant entre autre de tester certaines parties de l'UMS, au fur et à mesure de leur réalisation, dans le calculateur.

La micro machine (voir chapitre 4) ayant un temps de cycle moyen de 250 ns, un problème analogue à celui posé au

calculateur, se posait maintenant au niveau de la micro-machine : celle-ci était incapable de traiter directement un flux d'information en provenance du réseau de connexion avec le débit défini plus haut.

Un organe de filtrage de l'information devait donc être placé entre la micro-machine que nous appellerons dans la suite le processeur micro programmé et le réseau de connexion, son rôle étant de transmettre à la micro machine les informations qui lui étaient utiles, pour qu'elle puisse réaliser un certain traitement dessus avant de les transmettre, une fois modifiées, à l'Unité Centrale.

On arrivait alors à une structure à trois niveaux représentée sur la figure 1,

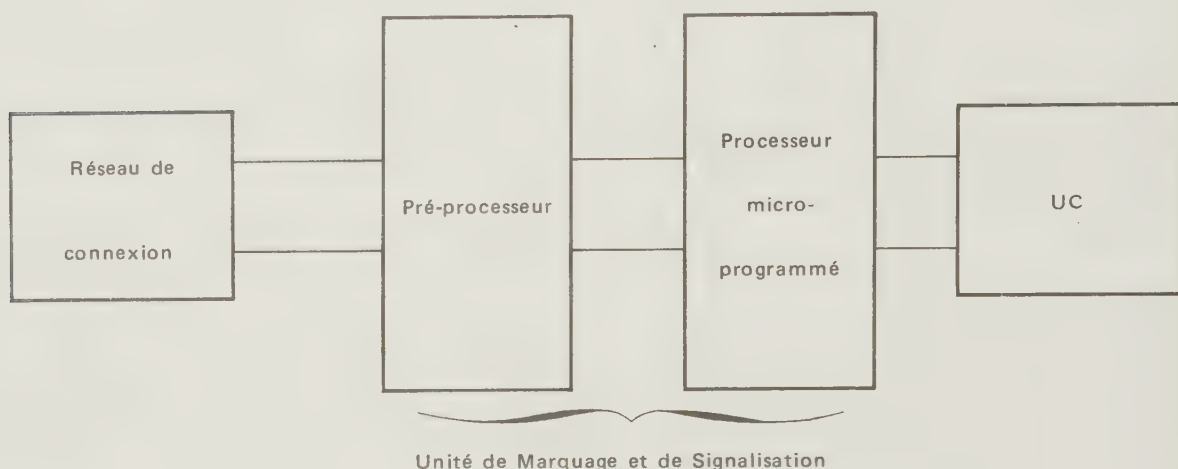


Figure 1

structure qui est celle qui a été choisie pour la maquette. Le commutateur comporte trois niveaux.

- Le préprocesseur, réalisé en logique cablée très rapide. Il reçoit toutes les informations en provenance du réseau de connexion toutes les 976 ns. Il doit dans ce laps de temps, donc en synchronisme total avec le reste du réseau prendre une décision quant au type de traitement à réaliser sur les données reçus. Il devra notamment renvoyer au réseau de connexion un certain nombre d'informations concernant les modifications demandées par les organes de commande de niveau hiérarchiquement plus élevé au sujet de l'état des différents abonnés. Son rôle consiste donc en la détection des changements d'état des abonnés, en la transmission des informations relatives à un changement d'état, en direction du processeur microprogrammé, enfin en la supervision des communications, de façon à ne demander aux organes de commande de niveau plus élevé, un traitement que dans les cas où le traitement requis ne peut pas être réalisé par lui-même, traitement qui demandera dans ce cas une durée d'exécution supérieure à 976 ns et qui ne pourra alors pas être exécuté en synchronisme avec le reste du niveau.

- Le processeur micro-programmé. Recevant les informations transmises par le préprocesseur, il déroule un microprogramme pour traiter ces informations et les mettre selon une forme assimilable par l'UC. De même il mettra en forme les informations à renvoyer au réseau de connexion, selon les directives données par l'UC. Tous ces traitements, du fait de leur longueur vis à vis de la durée de l'intervalle de temps, ne peuvent être exécutés en synchronisme avec le réseau. Ceci est possible puisqu'étant en fait peu fréquents (à un instant quelconque, le pourcentage d'abonnés en phase de signalisation est toujours faible, de l'ordre de 2 % au plus), leur temps moyen d'exécution pourra nettement dépasser 976 ns.

- L'unité Centrale, constituée par le calculateur T1600, reçoit les informations en provenance du processeur microprogrammé et déroule le programme approprié pour les traiter, programme vers lequel il a été orienté par les informations issues du processeur micro programmé. En retour il lui envoie des ordres concernant les informations à renvoyer au réseau de connexion, ici le préprocesseur. C'est donc l'organe de commande de niveau hiérarchique le plus élevé : c'est lui qui prend des décisions quant aux suites à donner aux demandes faites par l'abonné.

Les programmes qu'il exécute sont très longs vis à vis de la durée de l'intervalle temps et peu fréquents. Ils seront exécutés eux aussi en asynchronisme avec le reste du réseau.

Par rapport à la structure précédente à deux niveaux, les avantages à attendre de cette structure sont : un coût moindre en ce qui concerne le matériel : pour ce qui est de la partie cablée son importance est bien moindre dans le cas de la structure choisie que dans le cas précédent.

- . Un gain de temps important du fait que le processeur micro programmé est bâti autour d'une micro machine qui existe déjà.
- . Une souplesse plus grande permettant d'utiliser les différents organes au maximum de leurs capacités.
- . Enfin une adaptabilité plus grande vis à vis des procédures de signalisation, ce qui est absolument nécessaire puisque non seulement à l'époque de définition du projet, mais même maintenant, la signalisation définitive n'est pas arrêtée.

II.2 - DESCRIPTION DE LA STRUCTURE ARRETEE

Une fois la structure arrêtée, il est nécessaire de définir les différentes parties ainsi que les échanges entre ces parties pour ensuite vérifier que la structure choisie permet effectivement de résoudre le problème posé.

II.2.1 - Les trois parties

Le préprocesseur. C'est lui qui assure les échanges avec le réseau de connexion. L'interface réseau de connexion - organes de commande est décrit dans [3] et [4]. Rappelons ici les différents types d'information que l'on trouve à ce niveau.

en entrée

- Information caractérisant l'abonné : son adresse de voie.
- Information caractérisant l'état de l'abonné : son mot de commande.
- Information relative au caractère reçu : le caractère avec son e.b. d'état (e.b.S) ainsi qu'une indication sur la validité de ce caractère.
- Enfin une information relative à la phase de l'octet à émettre.

en sortie

- L'octet à émettre et éventuellement une information modifiant l'état d'un abonné, c'est-à-dire :
- Un nouveau mot à écrire en mémoire de commande.
- Une adresse en mémoire de commande.
- Une information indiquant au réseau de connexion que les organes de commande désirent écrire dans la mémoire de commande.

Avec les informations qu'il reçoit, le préprocesseur doit retrouver l'état antérieur de l'abonné, en déduire, en utilisant le caractère reçu, si l'abonné demande un changement d'état ou non. Dans ce cas il doit élaborer un message qui sera transmis aux organes de commande de niveau supérieur. Les informations contenues dans ce message devront comporter les indications suivantes :

- De quel abonné s'agit-il.
- Quel est le changement d'état demandé.

- Quel est le type de traitement à effectuer pour traiter ce cas.

Si le préprocesseur, après avoir examiné l'état antérieur de l'abonné ainsi que le caractère reçu, en déduit que l'abonné est dans un état qui ne nécessite pas de transaction entre ce dernier et les organes de commande de niveau plus élevé, son seul travail consistera en l'élaboration d'un octet à émettre ainsi qu'à l'envoi en direction du réseau de connexion d'informations relatives au changement d'état d'un abonné, changement décidé par l'unité centrale.

La structure du préprocesseur doit donc être telle que le contenu de la mémoire de commande et le caractère reçu soient suffisants pour qu'il prenne une décision sur le traitement à effectuer, décision qui puisse le conduire si nécessaire à envoyer un message au processeur micro programmé.

Nous verrons dans le chapitre consacré au préprocesseur que celui-ci pour pouvoir fonctionner de la manière décrite ici, devra être construit autour d'une table de décision qui, pour chaque état, indiquera les changements d'état possibles de la part d'un abonné ainsi que les informations qu'il faudra envoyer au processeur micro programmé.

On arrive alors, pour le préprocesseur à une structure telle que celle représentée sur la figure 2 :

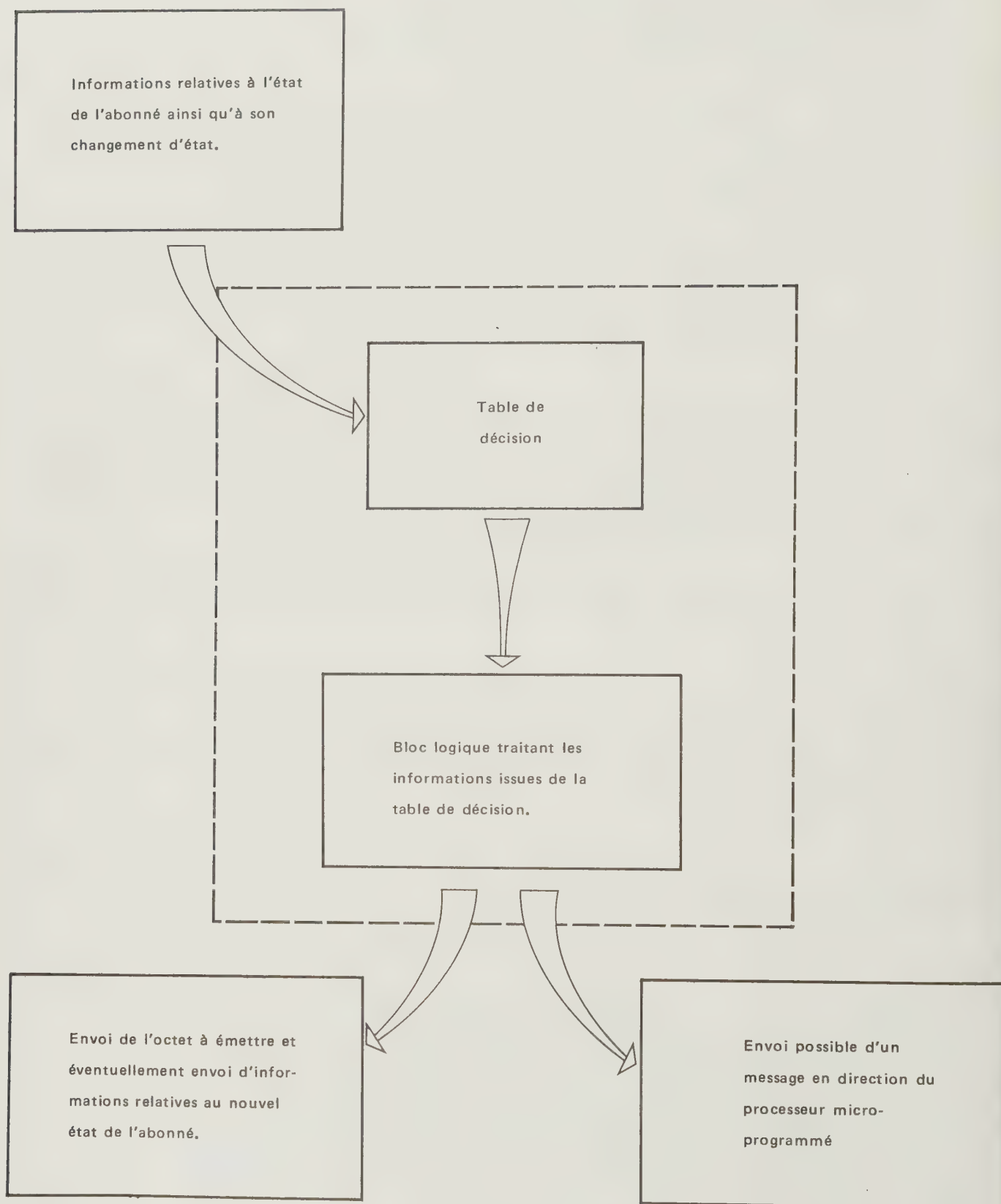


Figure 2

Le Processeur micro programmé

Alors que le préprocesseur doit, pour la partie qui concerne la réception des informations en provenance du réseau de connexion, fonctionner en synchronisme avec celui-ci, le processeur micro programmé est lui un organe qui fonctionne de manière totalement asynchrone avec le réseau de connexion. Lorsque l'analyse faite par le préprocesseur, sur les informations en provenance du réseau de connexion a conduit à décider d'envoyer un message au processeur micro programmé, ce dernier contient des informations relatives à l'abonné dont il s'agit, au caractère reçu, au micro programme à dérouler.

Lorsqu'il dispose de ressource temporelle suffisante, le moniteur du processeur micro programmé prend en compte un message envoyé par le préprocesseur et déroule le micro programme nécessaire pour traiter le cas.

La structure du processeur micro programmé dépend en partie de la micro machine choisie [chapitre 4]. Celle-ci est organisée autour de deux bus : le bus mémoire BM et le bus général. La figure 3 représente l'ensemble processeur micro programmé, préprocesseur.

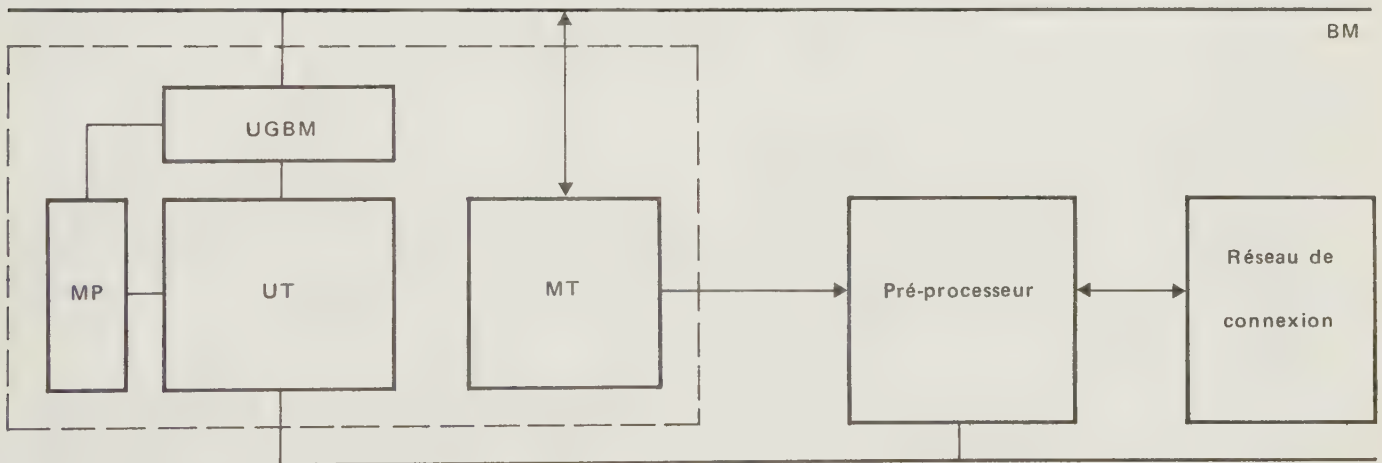


Figure 3

BG

Le processeur micro programmé est essentiellement constitué de quatre parties et de deux bus.

- L'unité de traitement de la micro machine (UT).
- La mémoire de programme (MP). C'est elle qui contient les différentes micro instructions utilisées pour exécuter les micro programmes.
- La mémoire de travail (MT) qui est la mémoire utilisée par les différents programmes pour sauvegarder des informations relatives aux abonnés en transaction avec les organes de commande. C'est dans cette mémoire que

l'on trouve les microenregistreurs qui sont des zones de 8 mots réservées durant l'établissement d'une communication aux programmes qui se déroulent en utilisant les informations fournies par les deux correspondants. Cette mémoire doit pouvoir être accédée, en lecture seulement, par le préprocesseur : nous verrons dans le chapitre consacré à ce dernier qu'il doit pouvoir obtenir, le plus rapidement possible, des informations contenues dans les micro enregistreurs. Ceci sera résolu par un accès direct en lecture. De cette manière le préprocesseur n'utilisera ni le bus mémoire ni le bus général pour ce type d'échange ; il ne perturbera donc pas le fonctionnement du processeur micro programmé.

- Le bus mémoire est utilisé par l'UT pour accéder à sa mémoire de travail ainsi que pour des échanges avec la mémoire vive de l'unité centrale.

Il est aussi utilisé, lors de la phase d'initialisation, pour le chargement de la mémoire de programme. Il est donc nécessaire de disposer d'un organe de gestion du Bus Mémoire (UGBM) pour superviser les transferts d'information ayant lieu sur ce bus.

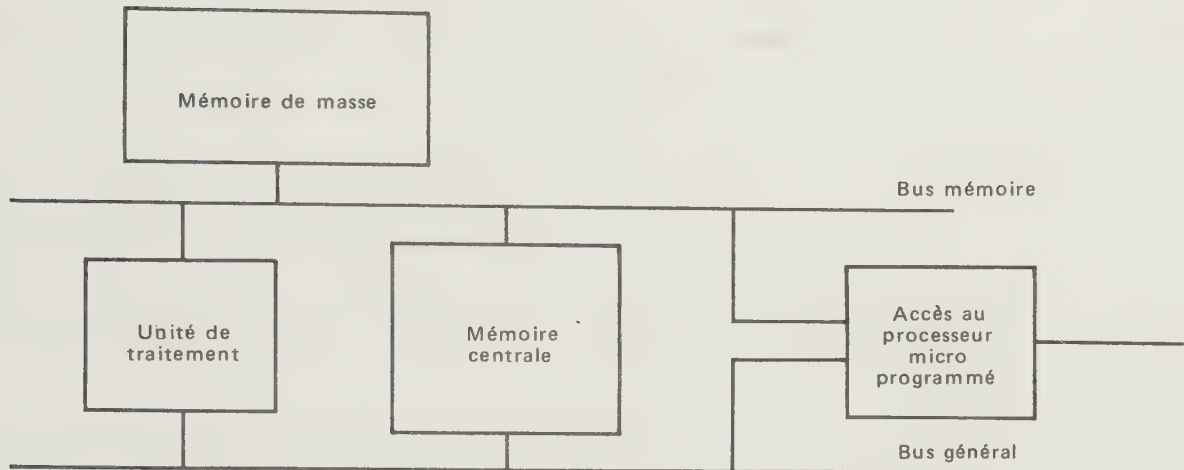
- Le bus général : il est utilisé pour les échanges entre le préprocesseur et l'unité de traitement du processeur micro programmé.

L'Unité centrale

C'est l'organe de commande de niveau hiérarchique le plus élevé : c'est lui qui prend les décisions quant à la suite à donner aux demandes de changement d'état présentées par les abonnés.

Recevant des informations envoyées par le processeur micro programmé, elle doit décider des réponses à faire aux demandes envoyées par les abonnés en ce qui concerne l'établissement des communications. Elle a donc pour rôle essentiel de gérer les communications, ainsi que l'état du réseau, c'est-à-dire qu'à chaque instant elle doit avoir connaissance des différentes connexions établies, et doit aussi connaître le type de communications réalisées entre les différents abonnés. Pour effectuer ces traitements elle utilisera essentiellement des tables, les principales étant la table d'abonné qui pour chaque abonné donne des renseignements relatifs à son état (services pouvant être demandés, nombre de communications établies...), une table de traduction qui indique la transposition numéro d'annuaire - numéro de voie, une table d'occupation du réseau qui indique pour chaque abonné s'il est libre ou s'il est dans un autre état. Cette dernière table

permettant de gagner un temps appréciable, du fait que la table d'abonnés est rangée en mémoire de masse et que son chargement en mémoire centrale de l'Unité centrale demande un temps très long comparé à la durée moyenne des instructions de l'unité centrale. On cherchera donc à ne lire en mémoire de masse que le minimum de fois.

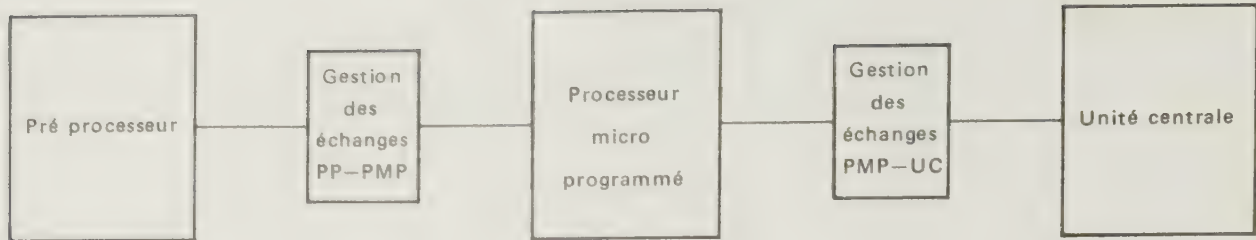


En plus de ce rôle l'unité centrale s'occupe de la maintenance et de la sécurité de l'ensemble du commutateur. Le second point sera en fait peu développé dans la maquette dont nous nous occupons : dans celle-ci nous pouvons distinguer deux types d'alarmes : les alarmes externes aux organes de commande (alarme de voie par exemple indiquant une erreur sur l'une des voies), et alarmes internes aux organes de commandes (erreur de parité dans un des éléments d'un des organes de commande par exemple). Le second type d'erreur conduira en fait à recharger le système, et à reprendre l'ensemble du travail, ceci venant du fait qu'il a été décidé que la maquette définie ici n'aurait pas à traiter les erreurs internes. A l'inverse d'un commutateur réel, dont tous les organes sont dédoublés, la réalisation dont nous nous occupons ici n'aura aucun élément en double.

Le troisième type de tâches effectuées par l'unité centrale sera une série de travaux statistiques, permettant de mesurer les temps moyens d'établissement de communication notamment.

Les échanges entre les trois niveaux

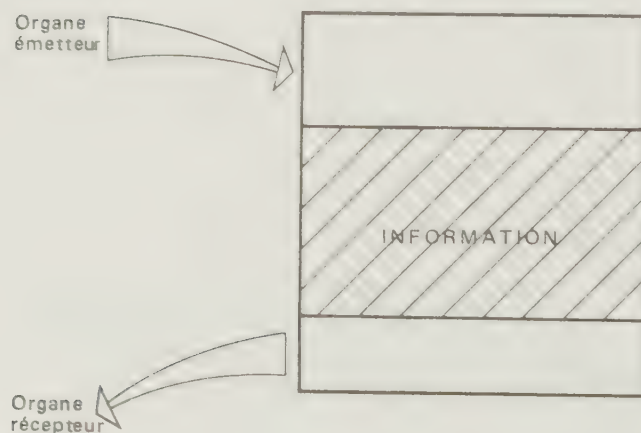
Si l'on reprend le schéma général de l'ensemble des organes de commande on a la structure suivante :



Lorsqu'on se déplace du préprocesseur en direction de l'unité centrale on rencontre trois organes de traitement dont la puissance va croissante alors que la rapidité est décroissante. Le problème des échanges entre deux organes qui échangent des informations et qui travaillent à des vitesses différentes se pose donc.

Pour le résoudre nous sommes conduits à envisager une sorte de tampon entre l'émetteur d'information et le récepteur d'information, tampon qui est rempli d'un côté par l'émetteur, à son rythme propre et qui est vidé de l'autre par le récepteur, également à sa cadence.

Un tel tampon s'apparente aux fils d'attente du type premier entré, premier sorti ou FIFO. (voir Lelarge chapitre 2).



Pour les différents échanges on sera donc conduit à utiliser des files d'attente, une pour les échanges préprocesseur → processeur micro programmé (voir chapitre 3-6), et une pour chaque sens d'échange entre le processeur micro programmé et l'unité centrale (voir chapitre 4-2).

II.3 - DEROULEMENT D'UNE COMMUNICATION

La structure de l'ensemble étant maintenant définie, l'étude du fonctionnement nous permettra d'évaluer la puissance de travail des différents étages ainsi que leur taille nécessaire. Pour cela nous allons étudier les travaux des différents étages lors de l'établissement et de la rupture d'une communication. Nous prendrons comme exemple de procédure de signalisation la procédure X21 telle qu'elle est définie actuellement. On trouvera en annexe le diagramme d'état de cette procédure. Remarquons tout de suite que la structure choisie pour l'ensemble est indépendante de la procédure choisie : les seules contraintes dues à la procédure étant résolues par un jeu de programmes approprié à la procédure utilisée.

Lorsqu'un abonné est au repos, le préprocesseur reçoit un caractère permanent avec l'e.b.S. d'état à 1. Son travail consiste alors à renvoyer à l'abonné un caractère permanent, sans rien changer au mot de commande de l'abonné mot de commande qui indiquera justement que l'abonné est dans l'état de repos. Dans ce cas aucun message n'est à transmettre au processeur micro programmé, ni à l'unité centrale.

Appel

Quand l'abonné désire entrer en phase de signalisation, il se met en état d'appel, c'est-à-dire qu'il envoie un caractère particulier (caractère SYN avec l'e.b.s. à 0). Recevant ces informations ainsi que le contenu du mot de commande, le préprocesseur va envoyer un message au processeur micro programmé indiquant que l'abonné en question est passé dans l'état d'appel. Il renverra à l'abonné le même caractère permanent (tout 0) : en effet tant que le préprocesseur n'a pas reçu d'informations indiquant que l'unité centrale était prête à prendre en compte l'appel en provenance de l'abonné, il considère que l'abonné est toujours dans le même état que précédemment.

Lorsque le processeur micro-programmé prend en compte le message envoyé par le préprocesseur, il va, puisque c'est le début d'une transaction entre les organes de commande et un abonné, réserver un micro enregistreur pour l'établissement de cette communication. Dans ce micro enregistreur seront rangés l'adresse de voie de l'abonné ainsi que le caractère d'appel. Sa seconde tâche réalisée par le processeur sera d'envoyer un message à l'unité centrale en indiquant l'adresse de voie de l'abonné ainsi qu'un numéro de programme à dérouler pour traiter ce cas.

En outre le processeur émettra, en direction de l'interface Réseau de connexion - organes de commande, un nouveau mot de commande concernant la voie dont il s'agit, et ce pour indiquer au préprocesseur que le message a bien été reçu par le processeur. Ceci permettra d'éviter, lors de l'intervalle de temps suivant relatif au même abonné, que le processeur détecte de nouveau l'appel en provenance

de cet abonné et envoie de nouveau un message indiquant cet appel. Au contraire ici, le nouveau mot de commande sera relatif à un "état intermédiaire" c'est-à-dire à un état dans lequel se trouve une voie, une fois que la demande sur celle-ci a été transmise au processeur, et ce jusqu'à ce que l'unité centrale la prenne en compte, et indique alors quel doit être le nouvel état, réel cette fois, de l'abonné.

Lorsqu'elle exécutera ce programme, l'unité centrale ira chercher dans sa mémoire de masse, sur disque, les informations relatives à cet abonné, informations indiquant notamment si l'abonné est autorisé à demander un appel

Dans l'affirmative, elle réservera deux zones dans sa mémoire : l'une, l'enregistreur qui n'existera que durant la phase de signalisation et qui sera libérée lorsque la communication sera établie, l'autre, le mini enregistreur, qui existera durant toute la phase de signalisation, mais aussi pendant toute la durée de la communication et durant la phase de rupture de la communication. Cette seconde zone contiendra les informations permanentes à garder durant la communication : début de la communication, adresse de voie des deux abonnés..., alors que la première ne contiendra que des informations utilisées durant la phase de signalisation (caractère de numérotation par exemple). Si nécessaire une zone analogue pourra être utilisée durant la phase de rupture de la communication.

Une fois ces zones réservées, l'unité centrale enverra au processeur micro programmé l'indication qu'elle a pris en compte la demande d'appel en provenance de l'abonné, elle indiquera également l'adresse de l'enregistreur réservé. Cette information conduira le processeur à réaliser les fonctions suivantes :

- Elaboration d'un nouveau mot de commande indiquant que l'abonné en question est entré en phase de signalisation.
- Envoi de ce mot ainsi que de son adresse en mémoire de commande, en direction de l'interface organes de commande - réseau de connexion.

Lors d'un intervalle de temps suivant le préprocesseur recevant le nouveau contenu du mot de commande (état "invitation à numéroté") enverra à l'abonné un octet lui indiquant qu'il se trouve maintenant dans cet état.

Numérotation

Lorsque le préprocesseur reçoit le caractère émis par l'abonné ainsi que son mot de commande deux cas sont possibles :

- Le caractère reçu est un caractère de signalisation et dans ce cas il est transmis au processeur avec l'adresse du programme à dérouler pour prendre en compte ce caractère.
- Le caractère reçu est un caractère de bourrage et dans ce cas le seul traitement à effectuer, de la part du préprocesseur, consiste à envoyer à l'abonné un octet lui indiquant qu'il est en phase de sélection.

Pendant cette phase de sélection, le travail du processeur est essentiellement constitué par le rangement, dans le micro enregistreur, des caractères émis par l'abonné et par l'envoi de ces caractères à l'unité centrale.

Fin de sélection

L'abonné, une fois tous les caractères de sélection envoyés, émet le caractère "fin de sélection". Le préprocesseur indique alors au processeur que l'abonné dont il s'agit a terminé la phase de sélection. Celui-ci transmet alors un message à l'unité centrale, lui indiquant qu'elle est maintenant en présence de tous les caractères de sélection envoyés par l'abonné.

Durant toute la phase de sélection, le préprocesseur envoie en direction de l'abonné un octet provenant du même caractère.

L'unité centrale envoie alors au processeur le message "accusé de réception" de la sélection, et celui-ci élabore un mot de commande "accusé de réception, attente" qu'il envoie en direction de l'interface. L'abonné est alors en attente et il envoie un caractère permanent.

Recherche du demandé

Disposant de tous les caractères de sélection, l'unité centrale en déduit le numéro d'adresse de voie du correspondant et, après avoir vérifié que ce dernier n'était pas occupé et était accessible au demandeur, elle envoie au processeur micro programmé le message d'arrivée d'appel avec le numéro de l'adresse de voie du correspondant.

Le nouveau mot de commande est alors élaboré par le processeur et est émis en direction de l'interface.

A partir de cet instant, lors des intervalles de temps relatifs au demandé, le préprocesseur n'émet plus un octet provenant du caractère permanent mais un octet provenant d'un caractère particulier.

Recevant ce caractère, le demandé va émettre le caractère "confirmation d'appel". Le préprocesseur va alors envoyer au processeur un message indiquant que le

correspondant a donné une réponse favorable à l'appel qui lui était adressé. Ce message sera également retransmis en direction de l'unité centrale. Celle-ci pourra alors émettre un message en direction du processeur, concernant le caractère à émettre en direction du demandeur pour lui indiquer la réponse faite à son appel ("signal de progression d'appel").

Le processeur va alors ranger dans un mot particulier du micro enregistreur le caractère de progression d'appel. Ce caractère sera ensuite envoyé sous forme d'octet à l'abonné, lors des intervalles de temps suivants, et ce après que le mot de commande de ce dernier ait reçu un nouveau contenu : état "réception du caractère de progression d'appel". Une fois ce caractère envoyé, le demandeur est remis dans l'état d'attente.

Connexion

Les deux abonnés étant dans l'état d'attente de connexion, l'unité centrale peut établir la connexion. Elle envoie alors au processeur l'ordre de connexion. Celui-ci va envoyer de nouveaux mots de commandes aux deux correspondants : le contenu de l'un est égal à l'adresse de voie de l'autre et réciproquement. Le processeur mémoire envoie alors à l'unité centrale le message "accusé de connexion" et libère le micro-enregistreur. Recevant ce message, l'unité centrale libère également l'enregistreur et note le début de la communication dans le mini enregistreur.

Communication

Les abonnés étant maintenant en communication, le rôle du préprocesseur se borne à la supervision de cette communication et à la détection de la rupture de communication. Les deux organes de commande de niveau hiérarchique supérieur ne sont alors pas sollicités pour cette communication. Ils peuvent donc être utilisés pour l'établissement d'autres communications.

Libération

Lorsque survient une demande de libération de la part d'un abonné, le préprocesseur envoie au processeur un message indiquant qu'un abonné désire rompre la communication. Celui-ci réserve alors un micro enregistreur pour les traitements à dérouler lors de cette rupture, et envoie un message à l'unité centrale, indiquant quel est l'abonné qui a rompu la communication. Cette dernière, à l'aide du mini enregistreur, qui contenait les adresses de voies des deux abonnés, en déduit celle du correspondant et la transmet au processeur.

Celui-ci élabore les deux nouveaux mots de commande et les transmet en direction de l'interface.

Les abonnés repassent alors dans l'état libre et le processeur et l'unité centrale libèrent respectivement le micro enregistreur et le mini enregistreur.

Nous avons décrit le travail des organes de commande lors de l'établissement et de la rupture d'une communication. La procédure de signalisation utilisée peut-être quelconque, les travaux des différents étages ainsi que les échanges entre ces étages en sont indépendants du point de vue fonctionnel. La différence entre les divers procédures de signalisation vient des caractères utilisés pour décrire les différents états et le passage d'un état dans un autre.

Les organes de commande étant à programmes enregistrés, il sera toujours possible de modifier ces derniers pour les adapter à la signalisation existante.



CHAPITRE 3

LE PREPROCESSEUR

III.1 - STRUCTURE DU PREPROCESSEUR

Dans le chapitre précédent nous avons vu que le préprocesseur avait pour but de filtrer les informations en provenance du réseau de connexion et d'orienter le processeur micro programmé vers un certain traitement. Ce chapitre décrit la structure choisie pour le préprocesseur pour que celui-ci puisse effectuer ce type de travail

Nous examinerons les deux fonctions du préprocesseur : celle d'orientation du processeur micro programmé et tout d'abord le rôle de filtrage de l'information.

Filtrage de l'information

La possibilité de filtrer les informations en provenance du réseau de connexion pour n'envoyer aux niveaux hiérarchiquement supérieurs que les informations utiles, c'est-à-dire les informations indiquant un changement d'état d'un abonné, ne peut être réalisée qu'en examinant un certain nombre d'informations en provenance du réseau de connexion et relatives d'une part à l'état de l'abonné et d'autre part à la modification de cet état.

Le nombre d'états possibles étant limité, ainsi par conséquent que le nombre de changements d'état, il était logique de ranger dans une table les différents états possibles, et d'envisager pour chaque état les transitions réalisables, en se gardant bien sûr au moins une possibilité d'erreur pour chaque cas. Dans cette table, on devait trouver pour chaque état des informations caractéristiques de l'état et des changements d'état possible, ainsi que des indications sur les différents traitements à effectuer dans chaque cas.

Il fallait donc que les informations en provenance du réseau de connexion permettent tout d'abord de sélectionner l'état dans lequel se trouvait l'abonné précédemment et ensuite d'indiquer quel était le changement d'état demandé.

L'opération suivante à réaliser dans le préprocesseur devait alors être une comparaison entre d'une part les éléments de la table relatifs à l'état de l'abonné qui était examiné et d'autre part les informations transmises par cet abonné et relatives à son possible changement d'état.

Une fois cette comparaison réalisée, une décision relative au traitement à effectuer sur l'abonné devait être prise. Celle-ci pouvait être : l'abonné restant dans le même état, cas d'un "état permanent", aucun traitement n'est à réaliser sur lui (exemple abonné libre), seul

un caractère permanent, caractéristique de son état, devait lui être renvoyé. Au contraire si la comparaison conduisait à conclure à une demande de changement d'état de l'abonné, la décision à prendre devait être l'envoi au processeur micro programmé d'informations relatives à cet abonné, à son état actuel ainsi qu'à sa demande de changement d'état, et dans le même temps renvoyer un caractère à l'abonné, caractère toujours relatif à l'état dans lequel il se trouvait puisque la décision de changement d'état ne pouvait être prise que par l'organe de commande de plus haut niveau, c'est-à-dire l'Unité Centrale.

On peut alors résumer cette structure par le schéma 4 et l'organigramme suivant :

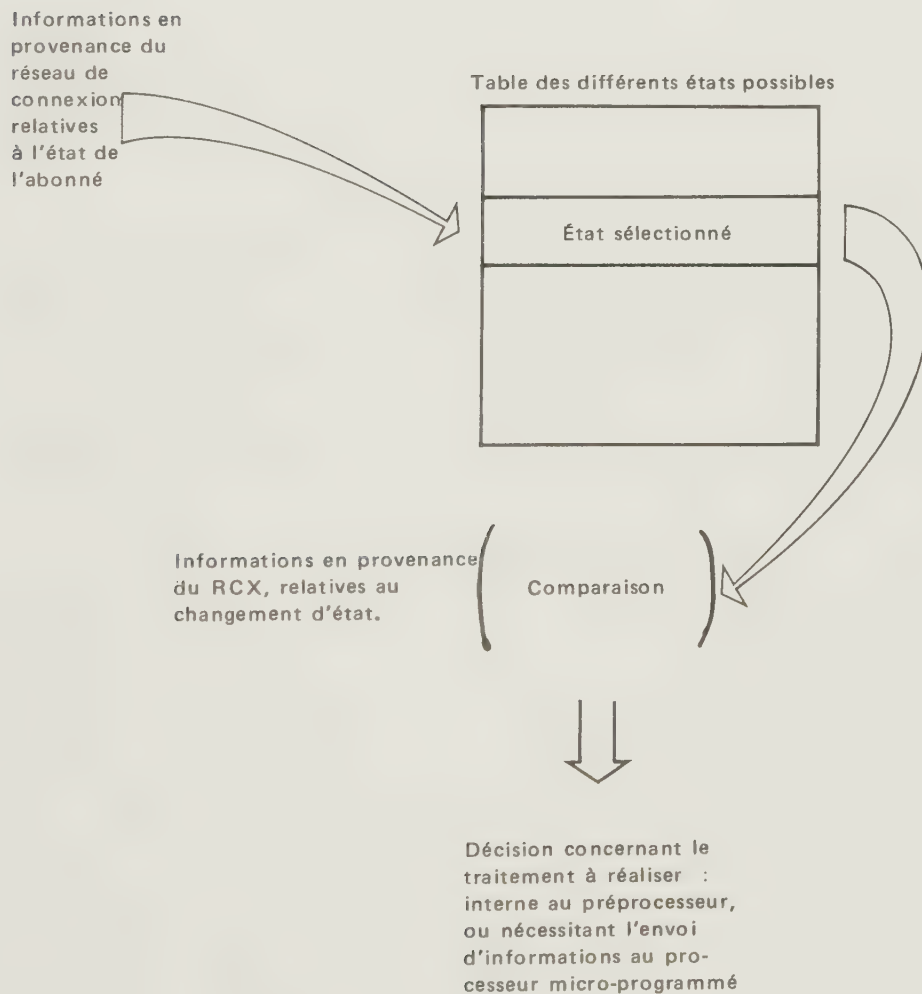
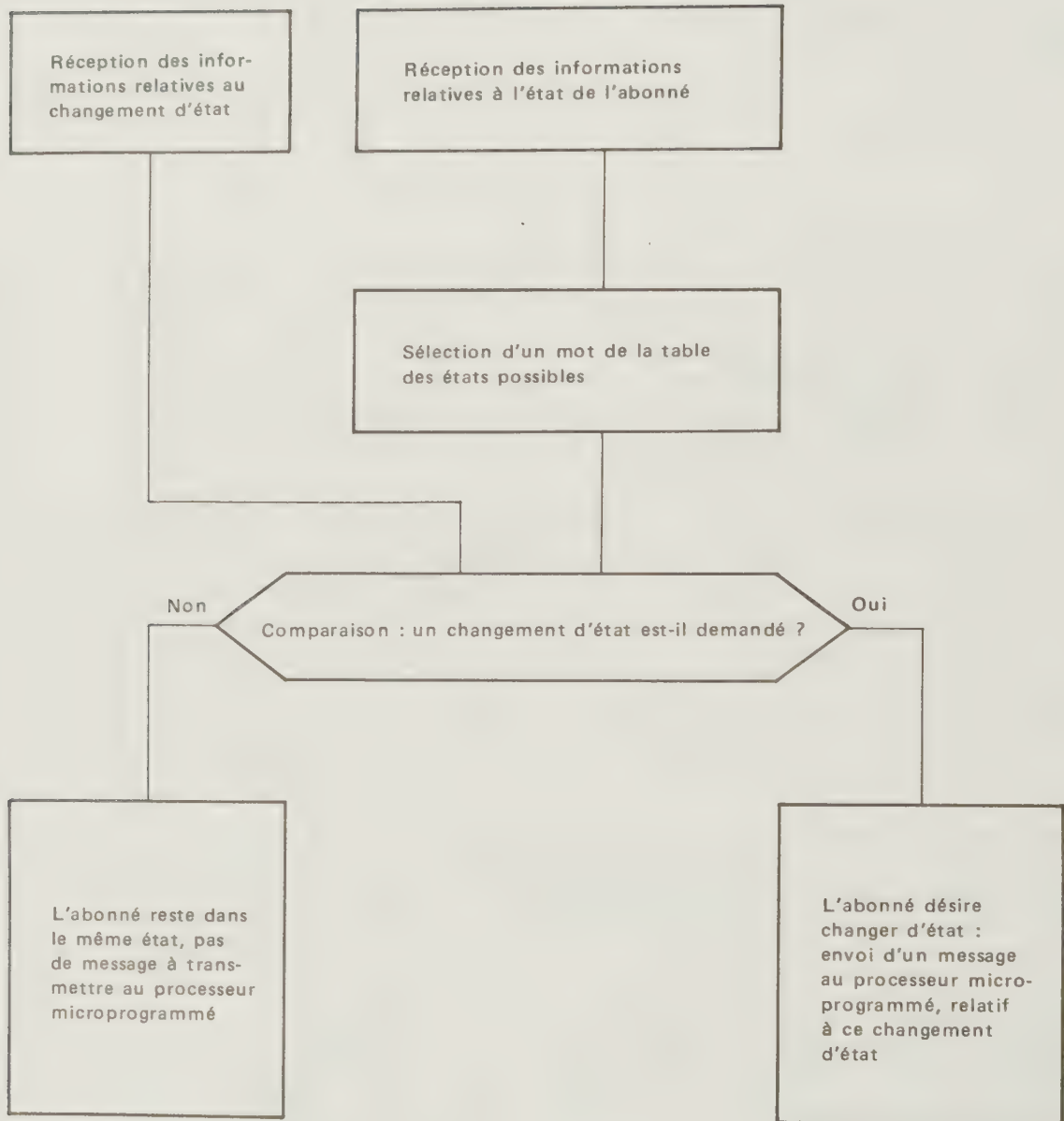


Schéma 4



Orientation du processeur micro programmé

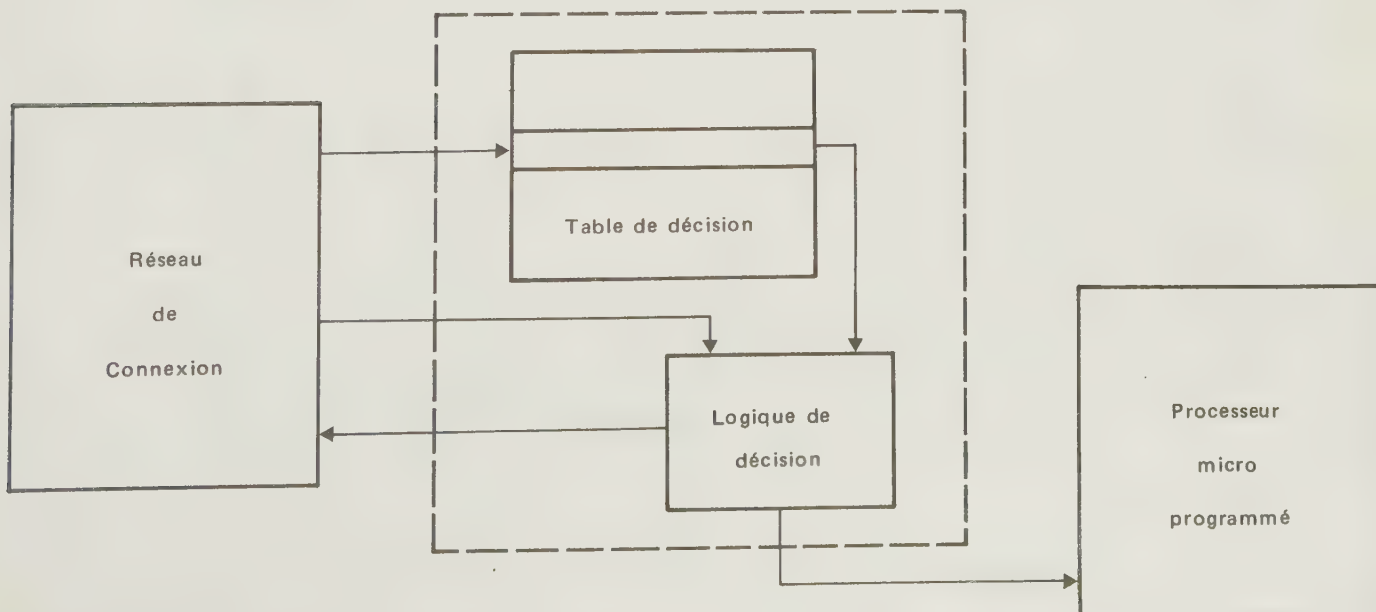
Une fois décidé l'envoi d'un message au processeur micro programmé, il faut définir le contenu de ce message de façon à ce qu'il puisse orienter le processeur, de la façon la plus précise possible, vers le traitement à effectuer, ceci pour éviter de perdre du temps en ne décidant du traitement à effectuer qu'après avoir testé par programme le contenu du message reçu alors que ceci peut être fait de manière cablée, donc beaucoup plus rapidement, dans le préprocesseur.

Le contenu de ce message doit donc contenir deux types d'informations : des informations relatives à l'abonné et au changement d'état demandé, ainsi que des informations relatives au traitement à déclencher dans le processeur micro programmé.

Cette structure du préprocesseur se rapproche alors d'un automate cablé ou si l'on préfère, d'une table de décision. Pour plus d'information à ce sujet, on se reportera au document concernant le logiciel, chapitre 3. Disons qu'une table de décision consiste en une table dont chaque mot correspond à un état, et auquel on accède par des informations d'adressage qui sont elles-mêmes relatives à un état particulier.

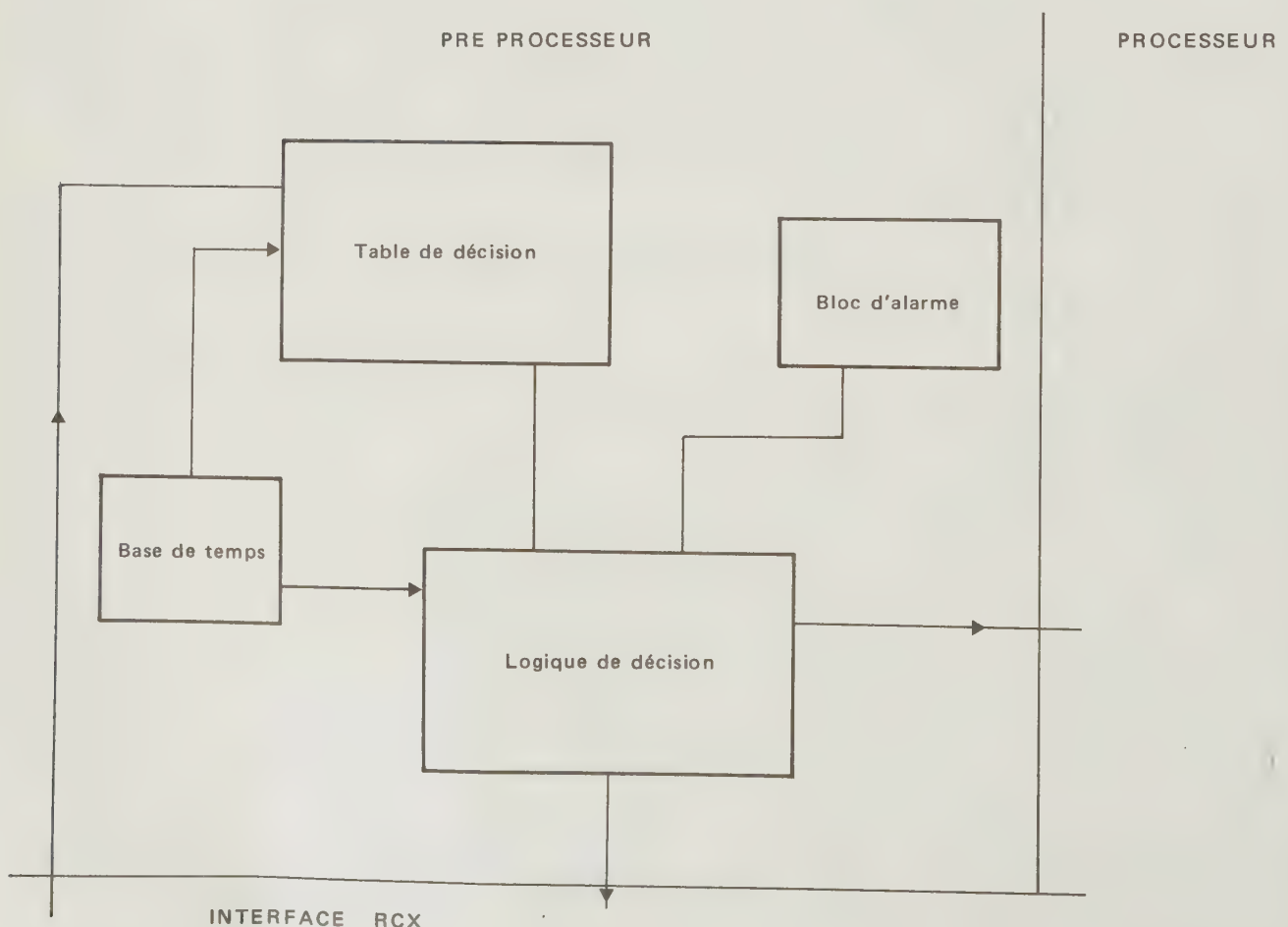
Dans ces conditions on appellera "Table de décision" la table des différents états possibles et "logique de décision" l'organe, purement cablé, qui exécutera la comparaison entre les informations relatives au changement d'état et le contenu du mot sélectionné de la table de décision. C'est elle qui devra gérer l'envoi des informations en direction du réseau de connexion, et notamment mettre en forme l'octet à émettre. Elle devra également assembler le message à envoyer au processeur micro programmé.

La constitution du préprocesseur devient donc la suivante :



- La table de décision contient pour chaque état de l'abonné des informations relatives aux différents changements d'état possible, aux traitements à dérouler dans le processeur micro programmé si un tel traitement est nécessaire, enfin une indication sur ce caractère à émettre en direction de l'abonné.
- La logique de décision exécute les fonctions suivantes :
 - Tester si un changement d'état est demandé par l'abonné.
 - Assemblage d'un message en direction du processeur microprogrammé si un changement d'état est demandé.
 - Affichage de l'interface avec le réseau de connexion, avec autre mise sous forme d'octet du caractère à émettre.

A côté de ces deux parties principales du préprocesseur : la table de décision et la logique de décision, existent d'autres éléments que nous définirons en détail ultérieurement. Citons-les ici pour mémoire : il s'agit du bloc d'alarme dont le but est de gérer les alarmes, tant internes au préprocesseur (par exemple défaut de parité), qu'externes au préprocesseur (erreurs indiquées par les informations en provenance du réseau de connexion), et de la base de temps qui gère les actions des différents éléments du préprocesseur.



III.2 - INTERFACE AVEC LE RESEAU DE CONNEXION

Dans le chapitre précédent, nous avons vu que les informations que recevait le préprocesseur étaient de deux types : informations relatives à l'état de l'abonné, et informations relatives à une demande de changement d'état ; dans l'autre sens le préprocesseur renvoi au réseau de connexion un octet ainsi qu'éventuellement des informations relatives au nouvel état de l'abonné. Ce chapitre consiste en la description de l'interface organes de commande - réseau de connexion. Pour plus de détail à ce sujet on se reportera à |3| et |4|.

1 - INFORMATIONS EN PROVENANCE DU RESEAU DE CONNEXION

1 - 1 - Informations relatives au changement d'état d'un abonné

Nous avons vu que les informations sont transmises dans le réseau sous forme de quadrioctets mais que les organes de commande recevaient non un octet mais un caractère en provenance de l'abonné, ce caractère étant obtenu, dans le réseau de connexion, à partir de deux octets successifs. Une fois sur quatre il n'est pas possible de recevoir un caractère significatif, ceci est donc indiqué par le signal ECR "état du caractère reçu". Outre le caractère reçu en provenance de l'abonné, on reçoit également l'élément binaire d'état (e.b.S). C'est le caractère ainsi que l'e.b.S qui seront utilisés dans la logique décision pour qu'une fois l'état antérieur de l'abonné décodé et un mot de la logique de décision sélectionné, on puisse en déduire si un changement d'état est demandé ou non par l'abonné.

1 - 2 - Informations relatives à l'état de l'abonné

A chaque abonné est associé, dans la mémoire de commande du réseau de connexion, un mot caractéristique de son état. Ce mot (lecture en mémoire de commande ou LMC) de 16 e.b. peut se présenter sous deux formes différentes, différenciées par l'état de l'e.b. 15 (e.b. de communication C).

Si C = "1" l'abonné est en communication : on trouvera dans le champ e.b.0-14 l'adresse en mémoire tampon où l'octet à émettre devra être rangé pour être envoyé au correspondant.

Si C = "0", l'abonné est dans un état autre qu'en communication : il peut être libre, ou dans une phase de signalisation. Les e.b. 10 - 14 permettent de discerner l'état dans lequel se trouve l'abonné. Nous disposons donc de 2⁵ états possibles pour l'abonné. Ces informations seront utilisées pour adresser la table de décision.

1 - 3 - Informations relatives à l'adresse de l'abonné

Lorsque la logique de décision transmet au processeur micro-programmé des informations relatives au changement d'état demandé par un abonné, cet abonné doit être caractérisé, vis à vis des organes de commande par l'adresse de voie qui lui est affectée. Cette information, ligne d'adresse de voie (LAV) sera donc reçue par le pré-processeur.

La maquette réalisée ici devant pouvoir traiter des voies Telex à 50 bauds ainsi que des voies synchrones à 2 400 bits/seconde, il est nécessaire de pouvoir différencier immédiatement ces deux cas. Ceci sera fait à l'aide de l'e.b.14 du mot LAV. Notons ici que cet élément binaire sera également utilisé au niveau de l'adressage de la table de décision.

Les autres e.b. de ce mot indiquent l'adresse de voie ; dans le cas du réseau de connexion télex, la maquette est prévue pour 5000 voies ; dans le cas du réseau de connexion synchronisé à 2, 4 kb/s, pour 640 voies.

Outre ces informations, il est nécessaire d'avoir une indication de début d'intervalle de temps (BT), les informations en provenance du réseau de connexion n'étant prises en compte qu'au début de chaque intervalle de temps. Nous verrons dans le chapitre suivant que ce signal d'horloge est utilisé à l'intérieur du préprocesseur pour la partie du traitement réalisée en synchronisme avec le réseau de connexion.

La dernière information en provenance du réseau de connexion concerne la phase de l'octet à inscrire en mémoire tampon. Dans le sens commutateur vers les abonnés, l'octet à émettre provient soit d'octets consécutifs reçus en provenance d'autres abonnés, soit des organes de commande. Dans les deux cas ils doivent avoir la phase voulue. Il faut donc lorsque l'on doit créer un octet à partir de caractères dont on dispose dans les organes de commande, connaître la phase désirée. Ceci est indiqué par les signaux PHQ0 et PHQ1.

2 - INFORMATIONS ENVOYÉES AU RESEAU DE CONNEXION

Les informations renvoyées par les organes de commande en direction du réseau de connexion sont de deux types : émission d'un octet en direction de la mémoire tampon, et envoi d'informations relatives au changement d'état d'un abonné.

2 - 1 - Emission d'un octet

Systématiquement, à chaque intervalle de temps est émis un octet en provenance du préprocesseur. Sa phase

est indiquée par les signaux PHQ0 et PHQ1 reçus par le préprocesseur dans le même intervalle de temps. Cet octet sera pris en compte au niveau de la mémoire tampon si l'on est dans une phase de signalisation. Au contraire si l'on est en communication, il ne sera pas pris en compte, un octet en provenance du correspondant sera inscrit en mémoire tampon.

2 - 2 - Informations relatives au changement d'état d'un abonné

Le mot de la mémoire de commande relatif à un abonné peut-être modifié, sous la responsabilité de l'UC. Dans ce cas les informations suivantes sont nécessaires :

- L'adresse en mémoire de commande (AMC) où l'on désire écrire. L'e.b.14 indique si l'on travaille avec un abonné télex ou avec un abonné synchrone à 2400 b/s ; les e.b. 0 à 13 contiennent alors l'adresse de cet abonné.
- Le contenu du mot que l'on veut écrire en mémoire de commande (EMC). La structure de ce mot est analogue à la structure définie au paragraphe 1-2 pour le mot LMC.
- Enfin une indication CEM : commande d'écriture en mémoire. Si celle-ci est à 1, une demande d'écriture en mémoire de commande est faite, et la mémoire de commande prendra en compte le contenu des mots AMC et EMC. Au contraire si la commande d'écriture en mémoire est à 0, aucune écriture ne sera faite : la mémoire de commande ne prendra pas en compte le contenu des mots AMC et EMC.

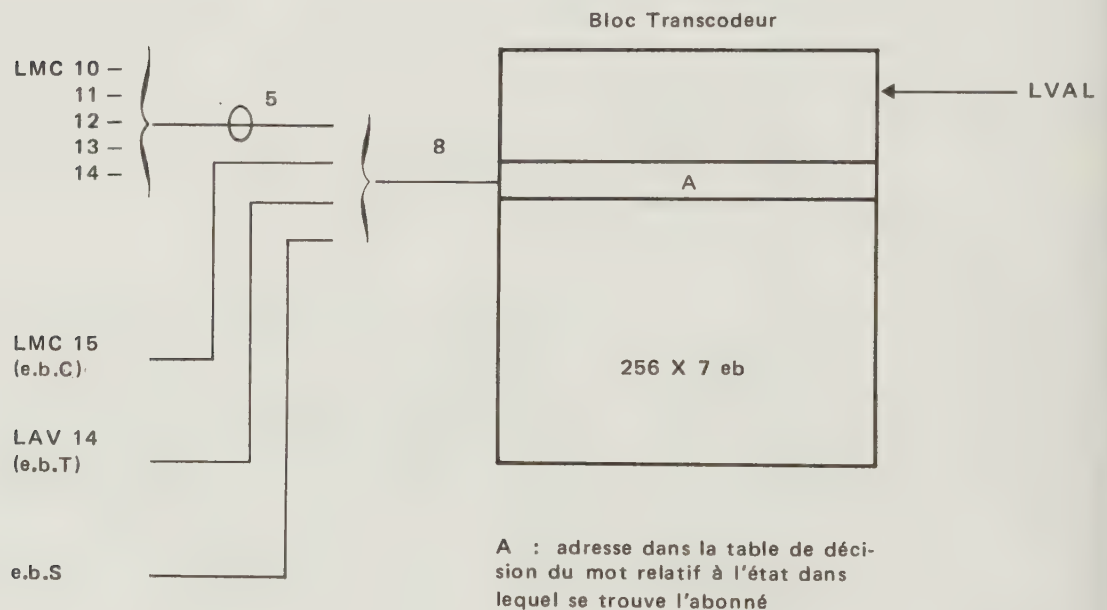
Remarquons tout de suite que lorsqu'une écriture en mémoire de commande est demandée, elle est demandée pour une adresse qui n'a à priori aucun rapport avec l'adresse correspondant aux informations reçues durant cet intervalle de temps. Les informations que l'on désire inscrire en mémoire de commande sont en effet relatives à un autre abonné. Celui-ci a, précédemment, envoyé une demande de changement d'état. Celle-ci a alors été prise en compte par les organes de commande, et ce n'est que lors de l'intervalle de temps étudié ici que la réponse, élaborée par les organes de commande, parvient au niveau de l'interface.

III.4 - TABLE DE DECISION

Durant chaque intervalle de temps les informations relatives à l'état dans lequel se trouve un abonné doivent permettre de sélectionner un mot de la table de décision. Ces informations sont de quatre types différents :

- Information relative au type d'abonné : Telex ou 2400 b/s, indiqué par l'e.b.T du mot d'adresse voie (LAV).
- Information relative à l'état de l'abonné en communication ou dans une phase de signalisation, ceci étant indiqué par l'e.b. 15 (e.b.C) ainsi que par les e.b. 10 à 14 du mot lu en mémoire de commande (LMC).
- Information relative à l'état du caractère émis par l'abonné (e.b.S.).

Ces informations permettent d'adresser une table de 256 (2^8) mots de 7 e.b., chacun de ces mots permet ensuite d'accéder au mot correspondant à l'état dans lequel se trouve l'abonné. Dans la suite nous appellerons cette table le bloc transcodeur BT



Cette mémoire, réalisée avec des boîtiers a un temps de cycle de 35 ns.

Dès réception des informations en provenance du réseau de connexion, le temps d'horloge LVAL déclenche une lecture du bloc transcodeur.

Un mot de la table de décision ayant été sélectionné, les informations contenues dans ce doivent permettre de répondre à la question : un changement d'état est-il demandé ? Elles doivent également indiquer selon l'état et le changement d'état possible quel est le caractère à renvoyer à l'abonné. Enfin elles doivent dans le cas où un message doit être envoyé au processeur micro programmé, indiquer le programme à dérouler dans ce dernier pour traiter le changement d'état.

Considérons un état quelconque. Plusieurs changements d'état peuvent être possibles à partir de cet état. Le changement d'état étant indiqué d'une part par le caractère reçu et d'autre par l'e.b.S relatif à ce caractère, une comparaison entre le caractère reçu et un ou plusieurs caractères attendus indiquera si un changement d'état est demandé et si oui lequel. On pourrait alors envisager que le mot de la table de décision contienne plusieurs caractères attendus. Ceci conduirait alors à avoir des mots de la table de décision de longueur variable, puisque le nombre de changements d'états possibles dépend de l'état dans lequel on se trouve.

De plus à l'époque la signalisation n'étant pas encore définie, il était impossible de se donner une structure figée, ce qui aurait été en contradiction avec le fait que le commutateur et par conséquent le préprocesseur devait pouvoir être adapté à toutes les signalisations possibles. Pour remédier à ceci et avoir toujours une souplesse la plus grande possible, on est conduit à "chainer" les mots de la table de décision: Si un état permet le passage dans plusieurs autres états, une première comparaison sera faite en utilisant le mot de la table de décision sélectionné par les informations en provenance du réseau de connexion. Si la comparaison entre le caractère reçu et le caractère attendu n'est pas positive, une seconde comparaison sera faite avec le contenu d'un autre mot de la table de décision, l'adresse de celui-ci étant indiquée dans le premier mot sur lequel on a travaillé.

(1) Mot sélectionné par les informations sur l'état de l'abonné, en provenance du réseau de connexion

(2) Mot sélectionné par son adresse contenue dans le mot (1) dans le cas où la première comparaison n'est pas positive

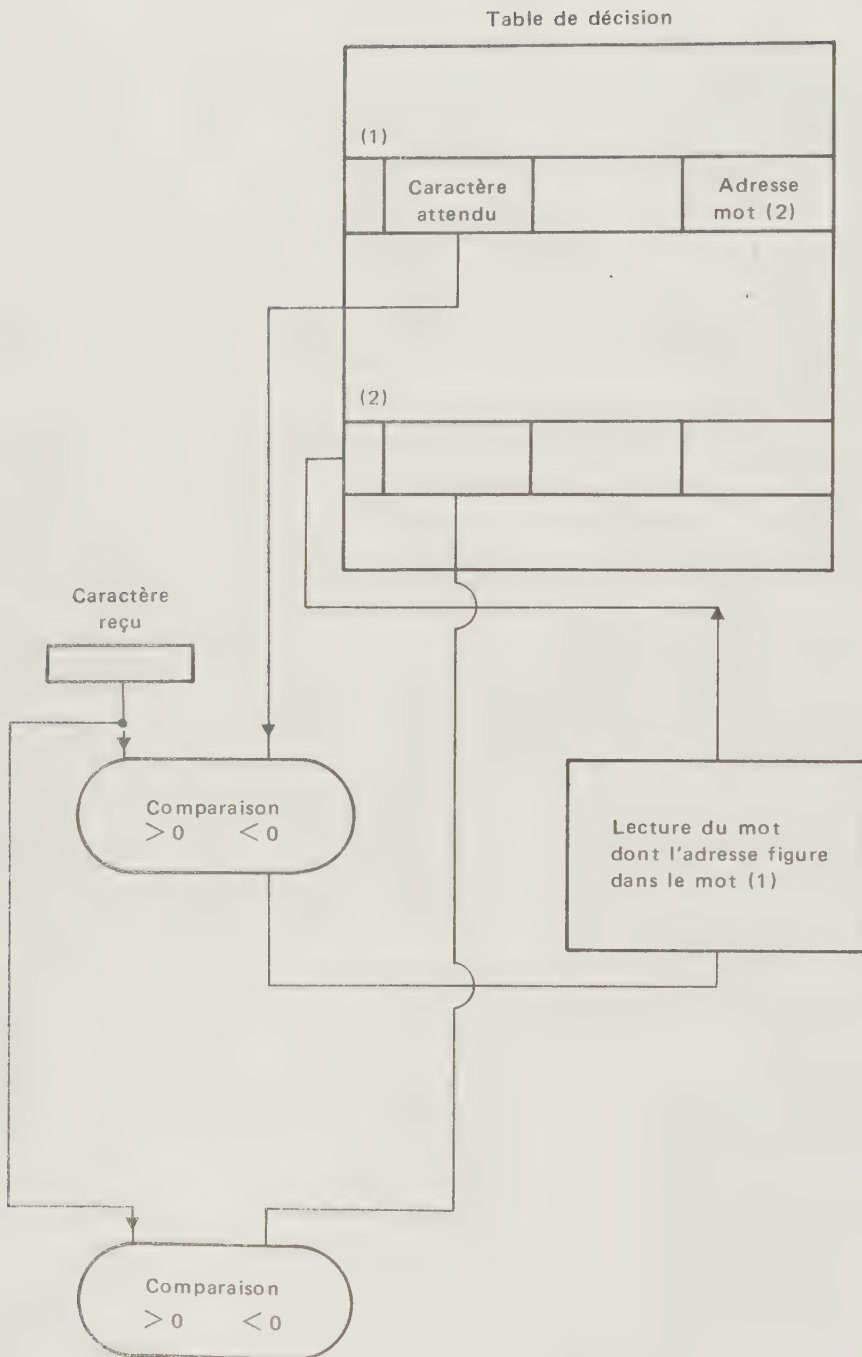


Figure 5

La figure 5 représente le cas où une deuxième comparaison a lieu ; le nombre des comparaisons successives peut être supérieur à 2.

Dans le cas où plusieurs comparaisons sont possibles, ces comparaisons seront rangées dans un ordre de probabilité d'occurrence décroissant : ceci permettant dans la majorité des cas d'effectuer la comparaison, et le traitement dans le préprocesseur le plus rapidement possible.

Dans tous les cas, on observe qu'un certain nombre d'e.b. d'information, utilisés par la logique de décision, pour orienter ses actions, sont les mêmes, quel que soit le rang de la comparaison effectuée. On peut alors gagner de la place dans la table de décision en scindant celle-ci en deux blocs : le Bloc Primaire (B.P.) et le Bloc Secondaire (B.S), le premier contenant les éléments nécessaires à la logique de décision, quelle que soit la comparaison effectuée, le premier caractère attendu, et l'adresse du premier des mots du Bloc Secondaire à prendre en compte si la première comparaison n'est pas positive ; le Bloc Secondaire contenant, lui, un autre caractère attendu et une adresse de chainage dans ce même bloc, si un chainage doit encore avoir lieu.

Nous avons vu précédemment que la table de décision devait contenir une information orientant le processeur micro programmé vers un traitement approprié au changement d'état demandé, lorsque le préprocesseur détecte effectivement une demande de changement d'état en provenance d'un abonné. Ce changement d'état peut avoir lieu lorsque la comparaison est positive ou lorsqu'elle est négative. Remarquons que dans ce dernier cas existent deux possibilités : envoi d'un message au processeur micro programmé concernant un changement d'état ou chainage sur un autre mot du bloc secondaire pour une autre comparaison, ces deux possibilités s'excluant mutuellement. On peut donc écrire, au même endroit dans la table de décision, soit une adresse de chainage dans le bloc secondaire soit une indication de traitement à effectuer par le processeur micro-programmé, la différence entre ces deux possibilités étant indiquée par un e.b. de chainage : e.b.C, sa valeur indiquant s'il y a chainage ou non.

Dans le cas d'une comparaison positive, deux possibilités apparaissent : l'abonné est dans un état permanent et reste dans cet état, ou l'abonné demande à passer d'un état dans un autre, ce dernier étant le premier état attendu dans le cas présent . Dans un cas il n'y a pas de message à envoyer au processeur micro programmé, le traitement étant réalisé complètement dans le préprocesseur, dans l'autre cas l'envoi d'un message en direction des organes de commande de niveaux supérieurs est nécessaire. Un élément binaire HS (hardware ou software) indiquera que l'on est dans un cas où dans l'autre.

Enfin dans certains cas la comparaison ne sera pas significative : ce sera notamment le cas où l'abonné étant en communication, les caractères qu'il transmet n'ont

aucune raison d'avoir une signification quelconque au sujet de la signalisation. Un e.b.T indiquera que dans ce cas la comparaison doit être inhibée.

Dans tous les cas nous savons que le préprocesseur doit renvoyer un octet. Celui-ci peut provenir de caractère situé soit dans la table de décision, soit dans la mémoire du processeur micro programmé, à une adresse où sont rangées des informations relatives à l'abonné dont on s'occupe. Un élément binaire indiquera pour chaque cas (comparaison positive ou négative) où doit être pris le caractère, à partir duquel sera créé l'octet à envoyer au réseau de connexion (e.b. CAR1 ou CAR2, dans le cas du bloc primaire, e.b. CAR3 ou CAR4, dans le cas du bloc secondaire).

De manière à gagner du temps lorsqu'un message est transmis au processeur micro programmé, on pourra distinguer deux cas : le premier correspondant à un premier message, c'est par exemple le cas d'un abonné qui étant libre, entre en phase de signalisation, le second correspondant à un abonné déjà en signalisation et qui passe d'une phase dans une autre phase. Dans le second cas un micro enregistreur a déjà été créé pour cet abonné, dans la mémoire de travail du processeur micro programmé. On pourra donc dans les messages relatifs à cet abonné transmettre non pas l'adresse de voie de cet abonné, mais le numéro du micro enregistreur, ce qui permettra de gagner du temps dans le processeur micro programmé, ce dernier connaissant dès la prise en compte du message, l'adresse où sont rangées les informations sur lesquelles il doit effectuer un certain traitement. Dans le premier cas, au contraire, aucun micro-enregistreur n'étant réservé à l'abonné, on devra effectivement transmettre l'adresse de voie de cet abonné.

Un e.b. NLAV de la table de décision indiquera si l'on se trouve dans un cas ou dans l'autre.

On arrive alors à la structure suivante pour les mots des blocs primaire et secondaire.

BLOC PRIMAIRE

T	CAT 0 - 7	H S	C A R 1	N L A V	CE 0 - 7	MP1 0 - 7	C A R 2	MP2 0 - 7	C 1
---	--------------	--------	------------------	------------------	-------------	--------------	------------------	--------------	--------

- . T inhibition du test du caractère entrant
T = 1 test du caractère entrant
T = 0 inhibition du test du caractère entrant
- . CAT 0-7 caractère attendu. C'est un caractère du code CCITT N° 5

- BLOC SECONDAIRE

. CAT₀₋₇ caractère attendu.

. CAR3	}	signification analogue à	}	CAR1
. CAR4				CAR2
. MP3 ₀₋₇				MP1
. MP4 ₀₋₇				MP2
. C2				C1

Taille des blocs

Dans la maquette la taille retenue pour les différents blocs est la suivante :

- . Bloc transcodeur : 256 mots de 7 e.b.
- . Bloc primaire 128 (2^7) mots de 38 e.b.
- . Bloc secondaire 64 mots de 27 e.b.

Nous verrons dans le chapitre consacré aux changes préprocesseur-processeur quelle est la procédure utilisée pour le chargement de ces blocs.

III.4 - LA LOGIQUE DE DECISION

III-4-1 - Son rôle

Nous avons vu qu'elle prenait en compte d'une part le caractère reçu en provenance du réseau de connexion et d'autre part les mots des blocs primaire et secondaire, correspondant à l'état dans lequel se trouve l'abonné étudié. Elle reçoit également des informations en provenance du bloc d'alarme lorsque celui-ci détecte une erreur, ainsi qu'une information en provenance de la base de temps qui valide les informations en provenance d'un des deux blocs de la table de décision, et une indication relative au fait que le caractère est significatif ou non. Rappelons en effet qu'en ligne sont transmis des octets alors que le préprocesseur, lui, reçoit des caractères, donc une fois sur quatre le caractère est non significatif.

A l'aide de ces informations elle doit prendre tout d'abord une décision quant aux informations reçues en provenance des blocs primaire et secondaire : l'information dont elle dispose est-elle suffisante ou une autre lecture dans le bloc secondaire est-elle nécessaire ? Une fois cette décision prise, la logique de décision doit réaliser les deux fonctions suivantes : création de l'octet à émettre en direction du réseau de connexion et élaboration d'un message à transmettre au processeur micro programmé.

Avant d'étudier en détail la logique de décision il est nécessaire de parler de la base de temps du préprocesseur ainsi que du bloc d'alarme.

La base de temps synchrone

Elle a pour rôle de délivrer une suite d'impulsion LVAL utilisées pour toutes les opérations synchrones c'est-à-dire pour les lectures dans les blocs primaire et secondaire. Elle délivre également un signal utilisé par le bloc transcodeur pour valider ses adresses de lecture et un signal SEQ qui indique à la logique de décision si les informations qu'elle reçoit proviennent du bloc primaire ou du bloc secondaire. Pour délivrer ces signaux, elle utilise le signal de début d'intervalle de temps que reçoit le préprocesseur.

Lorsque la logique de décision choisi d'utiliser les informations issues de la table de décision lors de la dernière lecture d'un des deux blocs, il

ne faut pas que ces informations soient écrasées par celles provenant d'une lecture ultérieure de ces blocs. Elle devra donc délivrer un signal ARRET qui inhibe la base de temps jusqu'au prochain intervalle de temps.

De même le bloc d'alarme devra avoir la possibilité d'arrêter la base de temps. Celle-ci ne pourra redémarrer qu'après une réinitialisation.

Le bloc d'alarme

Il a trois fonctions essentielles :

- . Détecter les défauts de fonctionnement du commutateur dans son ensemble. Pour cela il contrôle la parité du caractère reçu et analyse les signaux d'alarmes générés par le réseau de connexion.
- . Veiller au fonctionnement interne du préprocesseur. Pour cela il analyse les signaux de défaut de parité générés par le bloc transcodeur, le bloc primaire et le bloc secondaire.
- . Enfin effectuer un traitement en cas de détection d'un défaut. Il envoie alors en direction du processeur micro programmé un signal de détresse et envoie à la base de temps un signal ALARM qui l'interrompt immédiatement. Il faudra bien entendu que ce signal soit délivré avant que la base de temps génère les signaux LVAL. Dans le même temps la logique d'alarme avertira la logique de décision de la présence d'un défaut et lui fournira un numéro de micro programme à envoyer au processeur pour que celui-ci puisse traiter le défaut.

III.4.2 - Les différentes opérations réalisées par la logique de décision

Nous avons vu dans la paragraphe précédent que la première fonction à réaliser était la génération du signal ARRET qui avait pour but d'interrompre les traitements synchrones réalisés dans le préprocesseur, c'est-à-dire les lectures successives des blocs primaire et secondaire.

Pour réaliser cette fonction, la logique de décision compare le caractère reçu au caractère attendu, fourni par le mot extrait d'un des deux blocs de la table de décision.

Le signal ARRET dépend, outre du résultat de la comparaison, de la valeur de l'e.b.C (e.b de chainage), de l'e.b.T (inhibition de la comparaison) et de l'e.b concernant la signification du caractère reçu. Il est absolument impératif que le signal ARRET

soit délivré le plus tôt possible, avant qu'un nouveau mot arrive en provenance du bloc secondaire et aille écraser le mot précédent si c'est sur ce dernier que la logique de décision doit travailler.

Une fois le signal ARRET délivré, la logique de décision est assurée de la stabilité des informations en provenance de la table de décision ; elle peut donc réaliser ses autres fonctions.

Elaboration de l'octet à envoyer

L'élaboration de l'octet à envoyer au réseau de connexion est réalisée à partir d'un caractère rangé soit dans la table de décision soit dans la mémoire de travail du processeur. Il faut donc avant de mettre en forme cet octet, conformément à la phase reçue du réseau de connexion, faire un choix concernant le lieu où se trouve le caractère à utiliser. Deux fonctions : émission du caractère contenu dans le mot sélectionné de la table de décision : EMETCE et lecture en mémoire de travail LECTMT seront donc créées, toutes deux exclusives l'une de l'autre. Dans le premier cas l'assemblage de l'octet peut être immédiatement réalisé, dans l'autre cas il ne peut avoir lieu que lorsque la lecture en mémoire de travail aura été faite.

Lecture en mémoire de travail

Dès que la logique de décision détecte la nécessité de lire le caractère à émettre dans la mémoire de travail, elle envoie une demande de lecture, avec l'adresse de lecture.

Le mot à lire est contenu dans le micro enregistreur réservé à l'abonné dont on s'occupe. L'adresse de cette zone en mémoire de travail est connue par le préprocesseur : celui-ci a reçu le contenu du mot de commande qui, lorsqu'il est relatif à un abonné en phase de signalisation, comporte, dans les e. b.0-9, l'adresse du micro enregistreur réservé. D'autre part le caractère à envoyer est toujours inscrit à une adresse fixe, connue du préprocesseur, dans le micro enregistreur.

La lecture en mémoire de travail se fait par accès direct à cette mémoire. La mémoire de travail est en effet attribuée d'une part au préprocesseur, en lecture seulement et d'autre part au processeur micro programmé, en lecture et en écriture.

Les mémoires dont on dispose pour réaliser la mémoire de travail ont un temps de cycle d'environ 35 ns. Vis à vis du temps d'exécution des micro instructions (250 ns) ce temps est négligeable, la

priorité la plus importante sera donc accordée au préprocesseur. Ceci signifie que lors d'une demande de cycle mémoire de la part du processeur micro programmé, celle-ci pourra attendre 35 ns avant d'être satisfaite. Ceci n'est nullement gênant car une attente maximum plus un cycle mémoire ne dépassant pas 80 ns, le processeur aura tout le temps nécessaire pour exécuter la micro instruction durant le laps de temps qui lui est imparti.

Une fois le résultat de la lecture disponible, ceci étant indiqué par un signal dans la logique de décision, l'assemblage de l'octet peut commencer.

Assemblage de l'octet

Disposant, dans le cas du caractère à émettre lu en mémoire de travail, du mot du micro enregistreur qui comporte deux caractères consécutifs, et dans le cas du caractère pris dans la table de décision, on peut en déduire l'octet à émettre, la phase étant indiquée par les signaux PHQO-1. La création de l'octet pourra être réalisée par le dispositif suivant qui pour chacun des 6 e.b. d'information de l'octet à émettre comporte un multiplexeur à quatre entrées, commandé par les deux signaux de phase.

La figure 6 indique le choix possible pour l'e.b.i.

Une fois cet octet créé, il est transmis aux registres d'interface, d'où il sera ensuite envoyé en direction du réseau de connexion.

Envoi d'un message au préprocesseur

Lorsque la logique de décision a détecté une demande de changement d'état de la part d'un abonné, nous avons vu qu'un message devait être transmis au préprocesseur.

Ce message contient d'une part une indication relative à l'abonné dont il s'agit et d'autre part une indication relative au changement d'état demandé ainsi qu'une indication relative au traitement à dérouler dans le processeur. En ce qui concerne celui-ci, il provient du mot de la table de décision sélectionné et dépend du résultat de la comparaison ainsi que de l'e.b. HS.

Pour ce qui concerne l'indication relative à l'abonné, deux cas se présentent suivant que l'abonné envoie une demande de changement d'état relative à un début de signalisation ou au contraire une demande de changement d'état, la procédure de signa-

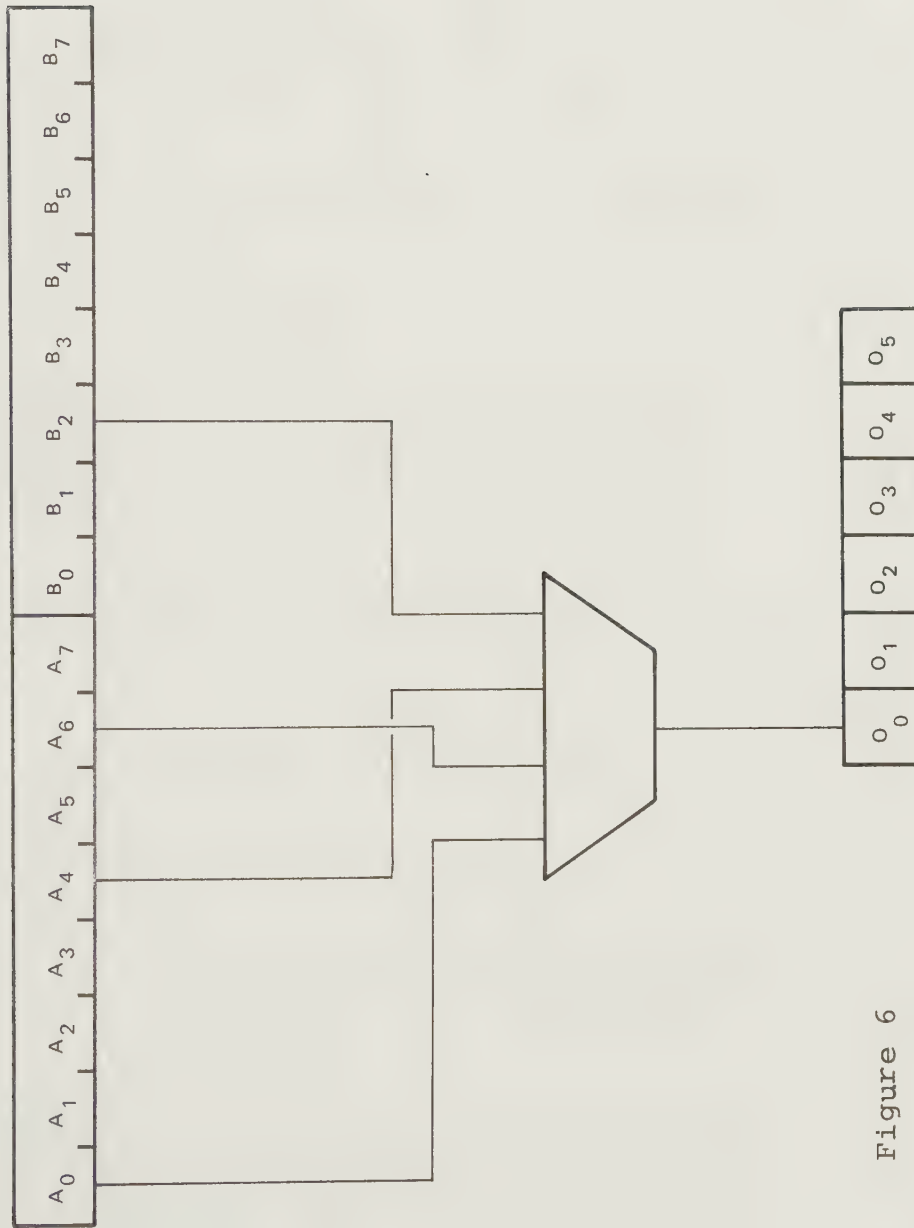


Figure 6

$$O_0 = A_0 \cdot \overline{PHQ_1} - \overline{PHQ_0} + A_6 \cdot \overline{PHQ_1} \cdot PHQ_0 + A_4 \cdot \overline{PHQ_1} \cdot \overline{PHQ_0} + B_2 \cdot PHQ_1 \cdot PHQ_0$$

lisation étant déjà entamée. Dans un cas on transmettra, outre le caractère reçu, l'adresse voie de l'abonné ; dans l'autre outre le caractère reçu on transmettra l'adresse du micro enregistreur relatif à cet abonné.

En ce qui concerne le changement d'état demandé par l'abonné, on transmettra le caractère envoyé par cet abonné. En définitive la structure du message envoyé au processeur micro programmé sera la suivante :

V	LAV ₀₋₁₃			MP ₀₋₇	CR ₀₋₇
		PH ₀₋₁	LMC ₀₋₉		

O

31

V : Indicateur de remplissage de l'organe gérant les échanges préprocesseur - processeur. Il est utilisé pour indiquer au processeur que le mot envoyé est vide ou significatif. La logique de décision ne s'en occupe pas.

MP₀₋₇ Type du traitement à lancer dans le processeur. Ce peut être MP1, MP2, MP3 ou MP4.

CR₀₋₇ Caractère reçu.

LAV₀₋₁₃ Adresse de la voie considérée.

LMC₀₋₉ Numéro du micro enregistreur affecté à l'abonné considéré.

PHQ₀₋₁ Phase de l'octet émis au cours de l'intervalle de temps présent.

Dans tous les cas le message transmis au processeur comportera 32 e.b. Un problème se pose alors du fait que le processeur travaille sur des mots de 16 e.b. d'une part et d'autre part du fait qu'il est incapable de traiter complètement un message en 976 ns, c'est-à-dire avant qu'un autre message puisse arriver. Pour gérer les échanges entre le processeur et le préprocesseur une structure particulière doit être utilisée. Elle est définie dans le chapitre suivant.

Une fois le message envoyé, le travail de la logique de décision est terminé. Celle-ci peut envoyer le signal d'affichage de l'interface. La logique de décision, ainsi du reste que tous les éléments du préprocesseur ne sont plus sollicités jusqu'au début de l'intervalle de temps suivant.

La structure décrite doit pouvoir effectuer les traitements définis plus haut dans un temps minimum, certainement inférieur à 500 ns. Il est en effet envisagé de doubler la capacité de la maquette, dans une étape ultérieure, ceci conduisant à avoir des intervalles de temps de durée non plus égale à 976 ns mais 488 ns. La structure réalisée actuellement permet d'envisager une telle possibilité.

III.5 - INTERFACE PREPROCESSEUR-PROCESSEUR MICRO-PROGRAMME

III.5.1 - Différents types d'échange

Les échanges entre le préprocesseur et le processeur micro-programmé sont de cinq types différents.

. Dans le sens préprocesseur vers le processeur :

- Envoi d'un message indiquant qu'un abonné demande un changement d'état et orientant le processeur vers un certain programme pour traiter ce cas.
- Envoi d'une demande de lecture dans la mémoire de travail du processeur.

. Dans le sens processeur vers préprocesseur :

- Envoi d'un mot lu dans la mémoire de travail en direction de la logique de décision.
- Envoi d'un nouveau mot de commande, avec son adresse, lorsque l'on désire modifier l'état dans lequel se trouvait un abonné.

Ce dernier type d'échange ne fait pas directement appel au préprocesseur, mais les informations sur lesquelles il porte étant relatives aux registres d'interface, leur inscription dans ces registres est commandée par le préprocesseur.

Enfin le dernier type d'échanges est relatif à la phase d'initialisation des blocs transcodeur, primaire et secondaire du préprocesseur. Le contenu de ces blocs sera transféré du processeur dans le préprocesseur selon une procédure spéciale.

Les échanges relatifs à une lecture en mémoire de travail du processeur micro-programmé ont été traités au chapitre concernant la logique de décision.

L'envoi d'informations relatives à un nouveau mot de commande a été traité au chapitre concernant l'interface organe de commande - réseau de connexion. Ces deux types d'échange ne posent pas de problèmes particuliers quant à leur exécution : ils sont en effet peu fréquents et ne nécessitent qu'un temps très court pour leur exécution.

A l'inverse, l'envoi de message en direction du processeur et le traitement de ces messages posent plusieurs problèmes du fait de la différence de rapidité entre le préprocesseur et le processeur micro-programmé. Ceci a conduit à envisager une structure comportant un tampon entre le processeur et le préprocesseur.

Le rôle de ce tampon est de stocker les informations envoyées par le préprocesseur à un instant quelconque puis de les transmettre au processeur lorsque celui-ci dispose d'un laps de temps suffisant pour les prendre en compte.

On est alors conduit à envisager une structure telle que celle représentée par la figure 7 comprenant, outre le préprocesseur (qui fait ici office de source d'informations) et le processeur (qui fait office de récepteur d'informations) une file d'attente, c'est à dire un tampon, rempli à une extrémité au rythme du préprocesseur, et vidé à l'autre au rythme du processeur. C'est donc un tampon, du type "Premier entré, premier sorti" ou "First In First out" c'est à dire FIFO

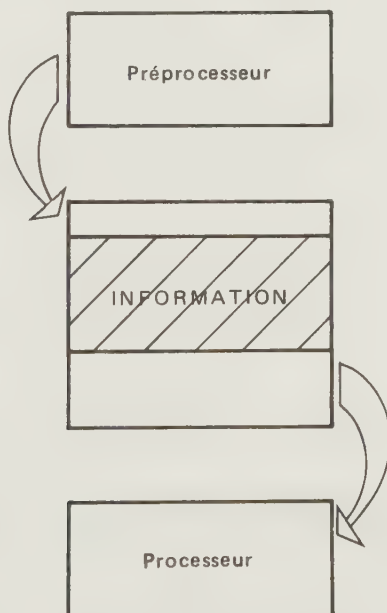


Figure 7

Dans le chapitre 3-5, concernant la logique de décision, nous avons défini la structure des informations envoyées par le préprocesseur en direction du processeur. Ces informations sont codées sur 32 e.b.

Le processeur micro-programmé, lui, travaille sur des mots de 16 e.b.. Il ne peut donc pas lire directement un mot dans la FIFO. La structure de la figure 7. n'est donc pas suffisante : il faut disposer entre la FIFO et le processeur d'un organe, appelé coupleur, qui, recevant des mots de 32 e.b.

en provenance de la FIFO, envoie des mots de 16 e.b. en direction du processeur micro-programmé. Nous avons alors la structure suivante :

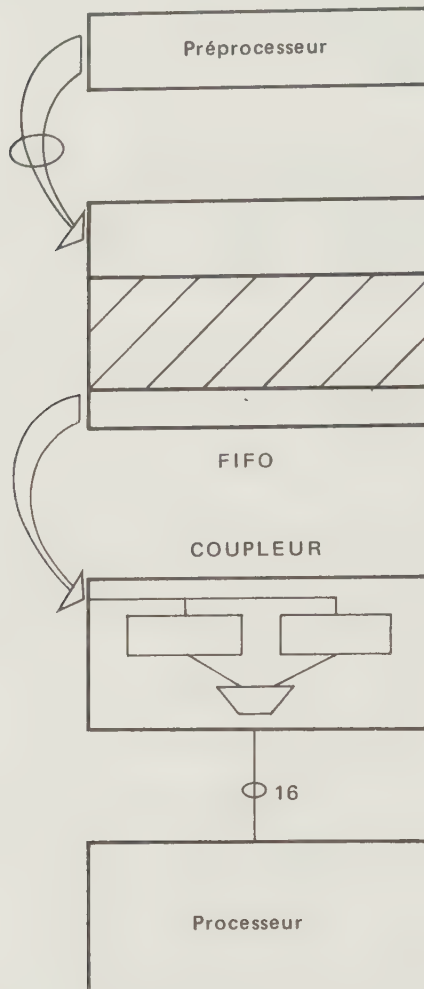


Figure 8

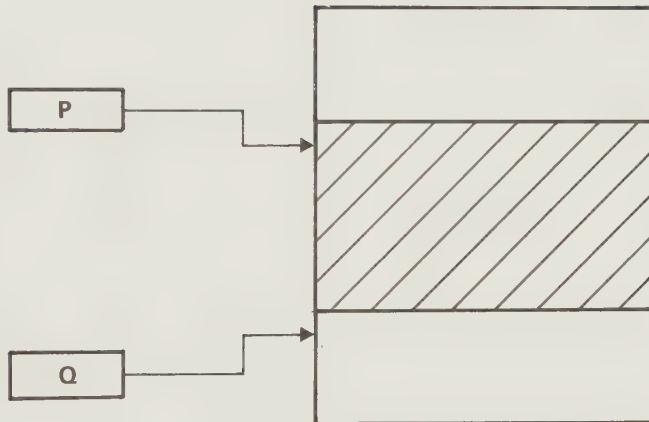
Cette structure permet de résoudre les deux problèmes posés :

- Transfert d'informations entre deux organes travaillant à des vitesses différentes.
- Transfert d'informations écrites dans un certain format par l'organe émetteur et utilisés sous un autre format dans l'organe récepteur.

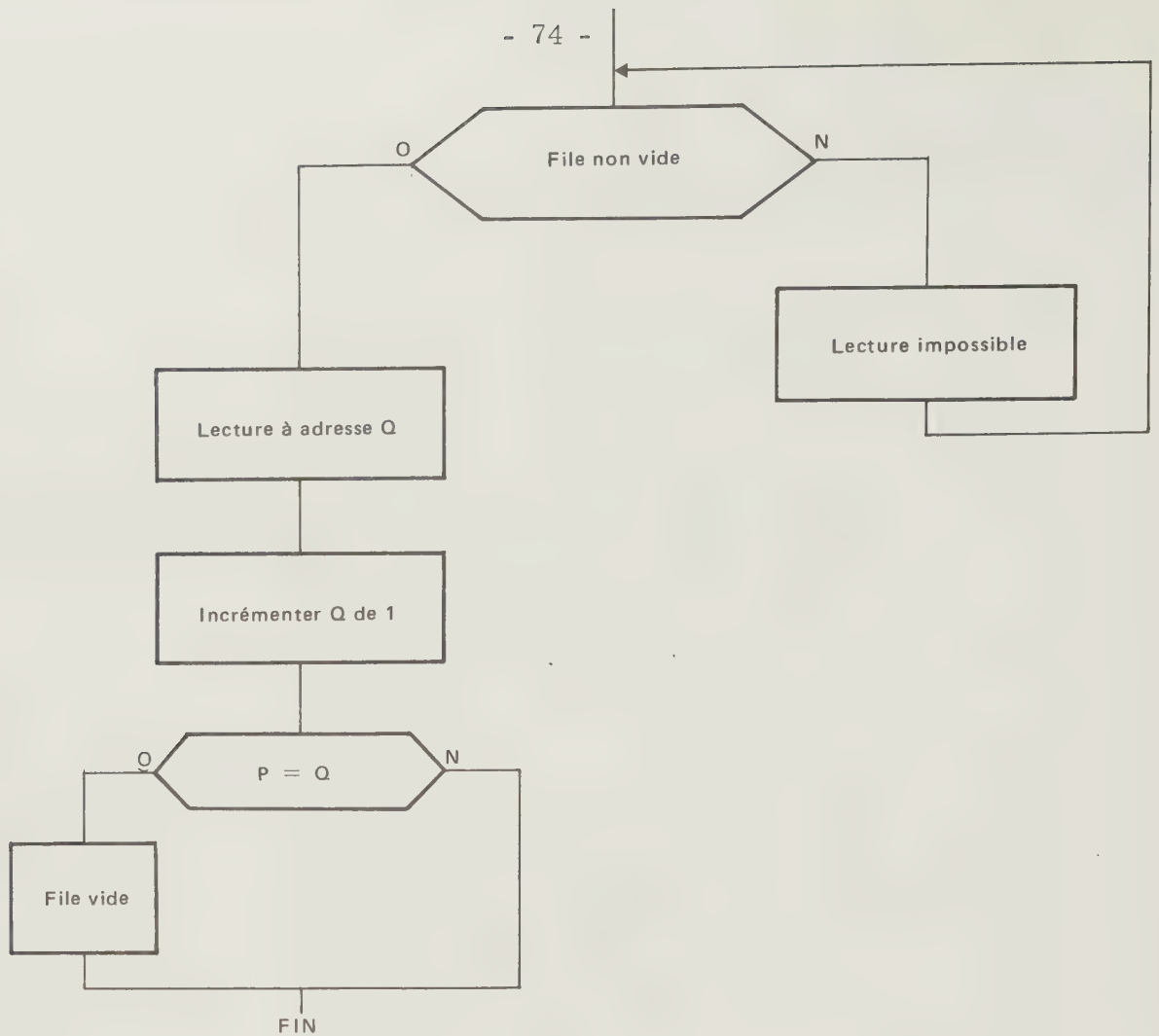
III.5.2 - La file d'attente

Constitution d'une file d'attente

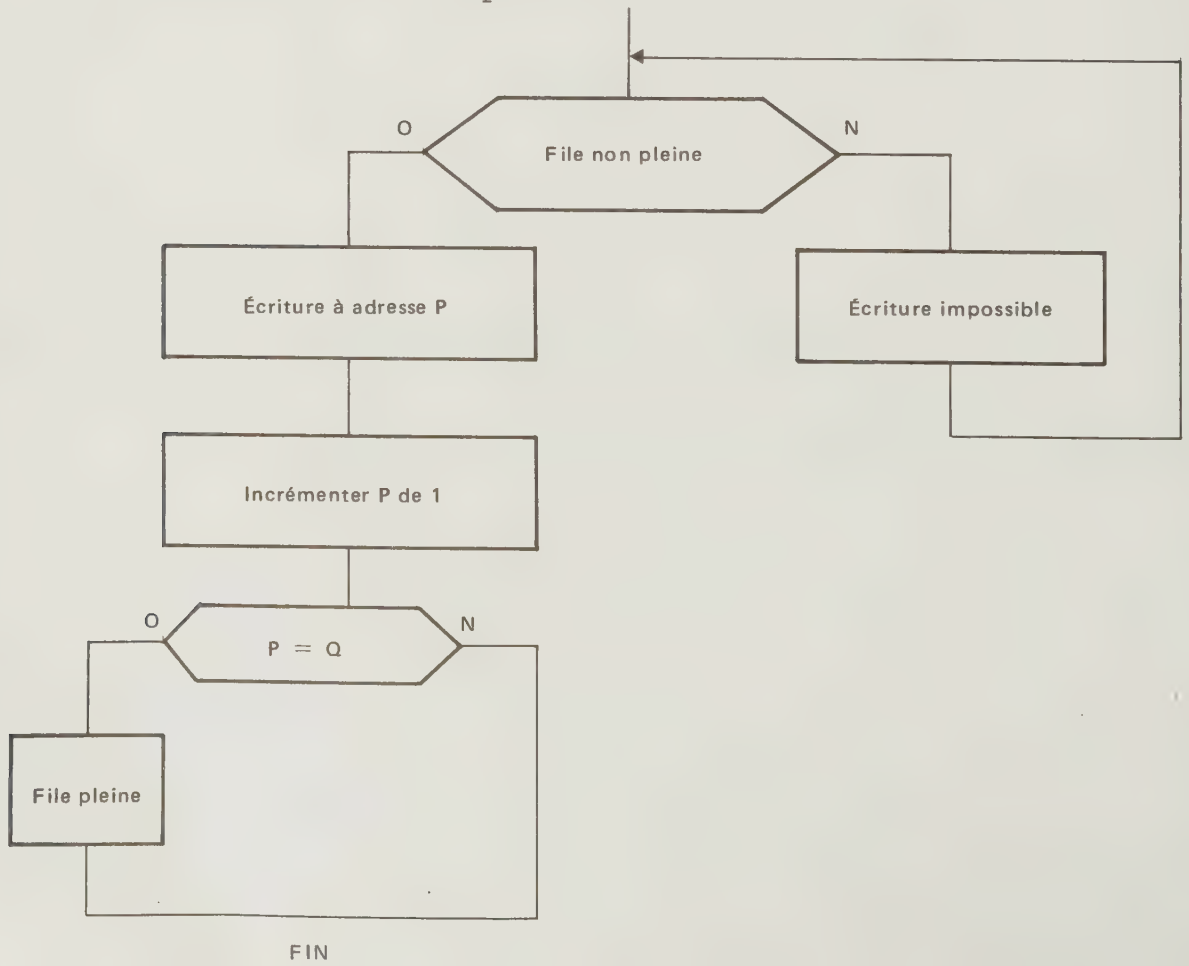
Une file d'attente est une mémoire qui est écrite et lue cycliquement à deux endroits différents, donc qui nécessite deux pointeurs d'adresse : P indiquant l'adresse du prochain mot à écrire et Q celle du prochain mot à lire.



Une lecture nécessite les opérations suivantes :



et une écriture les opérations suivantes :



Sur ces deux organigrammes, nous voyons que si la lecture ne se fait pas à un rythme assez rapide comparé à celui de l'écriture, la file risque d'être totalement remplie à un certain moment. Dans ce cas, une information envoyée par le préprocesseur sera écrite dans la file à un emplacement où l'information précédente n'a pas été prise en compte. Cette dernière sera donc perdue. Une telle solution n'est donc pas suffisante : la structure choisie doit absolument permettre de transmettre au processeur toutes les informations que le processeur désire lui envoyer.

Lorsque le remplissage de la file d'attente atteint un certain niveau, la logique de la file d'attente envoie au processeur ainsi qu'au préprocesseur une indication "file pleine".

Recevant cette information, le processeur micro-programmé va accélérer le rythme de ses lectures dans la file d'attente, en augmentant par exemple la priorité des programmes de lecture dans cette file. Si le rythme des écritures restait constant, la charge de la file diminuerait donc. L'indication "file pleine" est également transmise au préprocesseur. Recevant cette information, la logique de décision va filtrer les informations qu'elle reçoit de la table de décision. Lorsque la logique de décision envoie un message en direction du processeur, ce message est relatif à la demande de changement d'état envoyée par un abonné. Ce message peut donc être :

- L'indication qu'un abonné se porte appelant, et désire rentrer en phase de signalisation.
- L'indication qu'un abonné déjà en signalisation, désire passer d'une phase de signalisation dans une autre, donc que le traitement relatif à cet abonné a déjà été commencé.

La logique de décision, lorsqu'elle reçoit le signal FILE PLEINE, ne va transmettre à la FIFO que les informations relatives au second cas : un traitement en cours ne sera donc pas abandonné, alors que les informations relatives au premier cas ne seront pas transmises. Cela correspondra donc à retarder le début de la prise en compte du traitement relatif à l'abonné qui se porte appelant.

Avec ce système, il n'y a aucune perte d'information, toutes les informations relatives à des changements d'état d'abonnés seront bien transmises au processeur, certaines pouvant être retardées.

Pour réaliser ceci, on est conduit à utiliser un troisième pointeur P1 dans la gestion de la file, P1 étant en avance sur P d'une valeur fixe. Après une écriture, on incrémente P et P1 et l'on compare P1 et Q ; s'ils sont égaux, alors ceci indique que la file a atteint le niveau de remplissage critique. On envoie alors l'indication FILE PLEINE au processeur et au préprocesseur.

Pour que le signal FILE PLEINE ne passe pas continuellement de 0 à 1 puis à 0, lorsque le remplissage de la file est voisin du remplissage critique, on continuera à envoyer l'indication FILE PLEINE, tant que le niveau de remplissage de la file sera supérieur à une certaine valeur. Pour celà, on utilisera un quatrième pointeur Q1, en avance sur Q d'une valeur fixe. Lorsque Q1 atteindra P, celà signifiera que le nombre de mots présents dans la file est égal à $(Q - Q1)$, donc que la file a été suffisamment vidée pour que l'on puisse reprendre un envoi normal de message, c'est à dire sans filtrage des informations.

Le schéma de la file d'attente est alors le suivant :

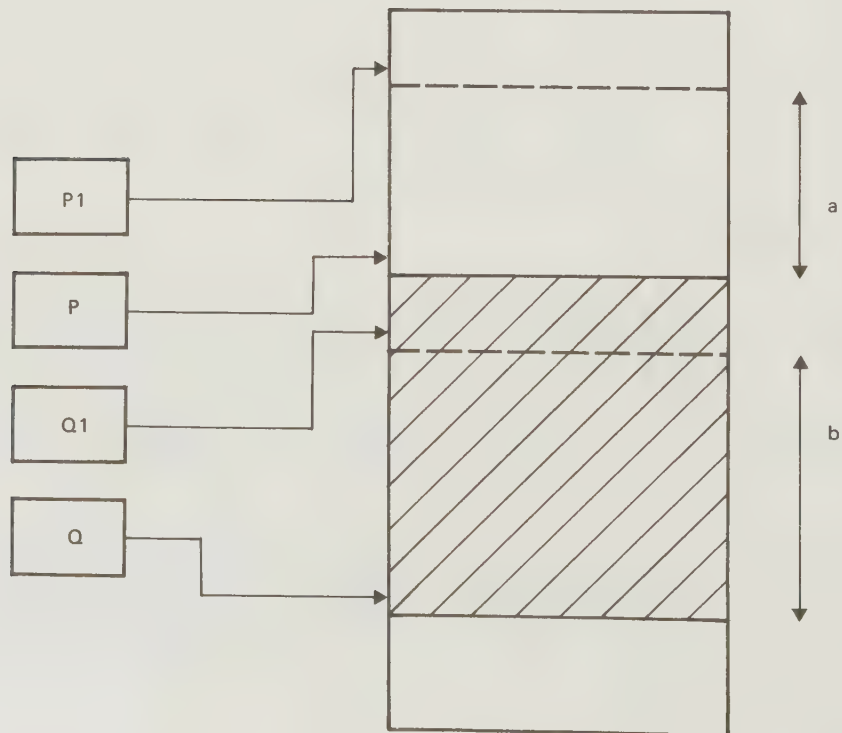
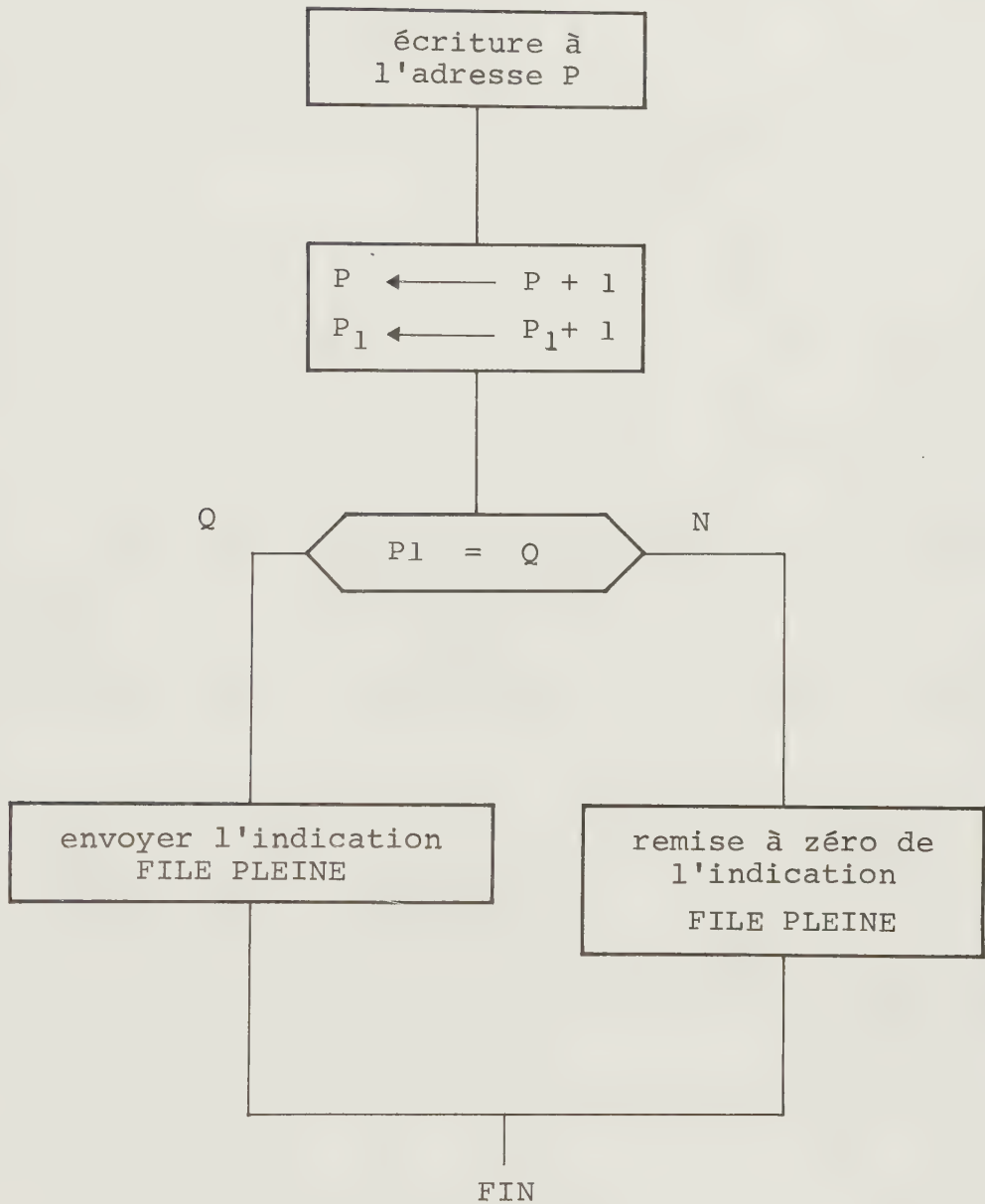
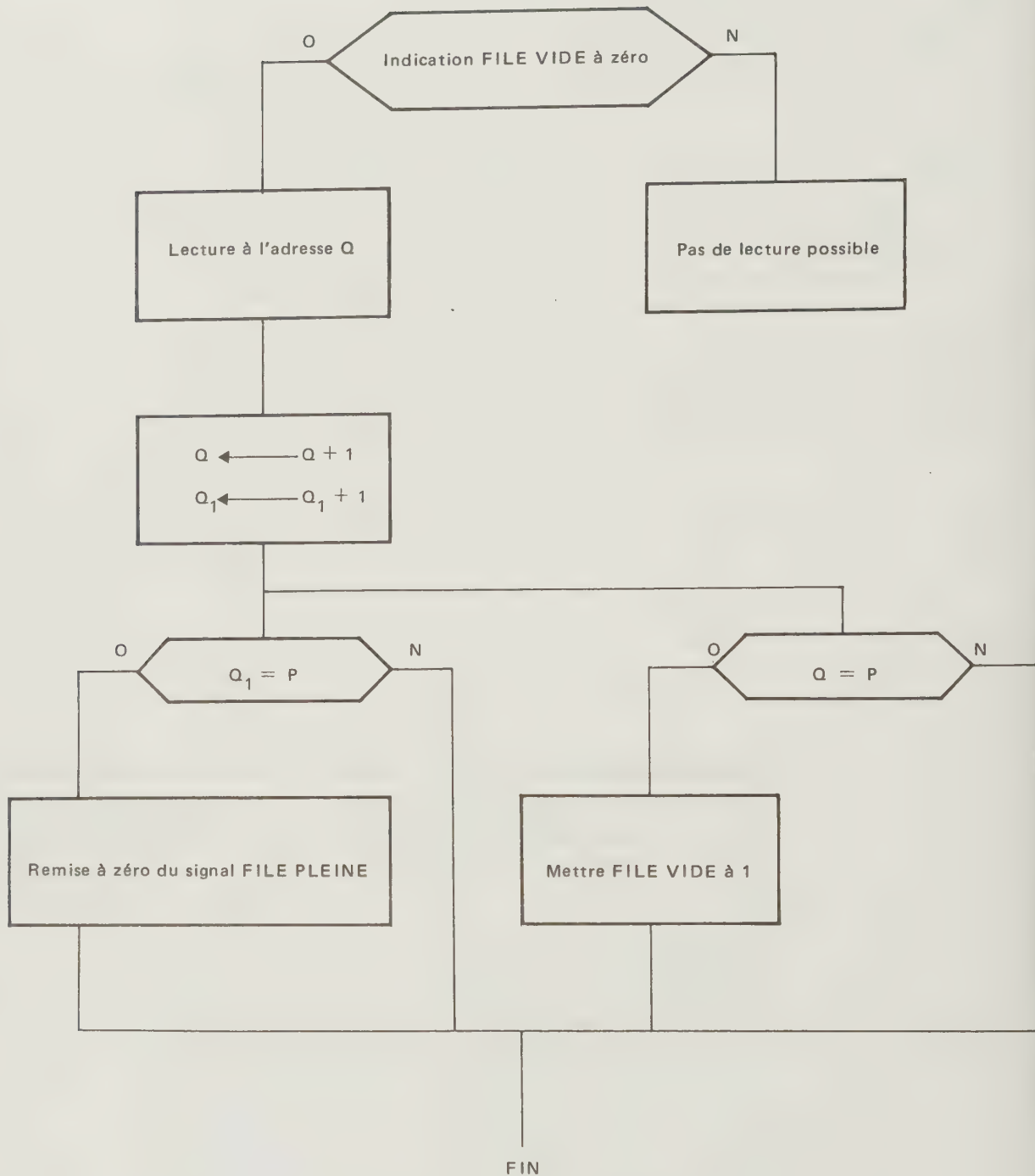


Figure 9

Les différentes opérations à réaliser lors d'une écriture sont les suivantes :



Pour une lecture, les opérations à exécuter sont les suivantes :



On trouvera en annexe un schéma fonctionnel de la file d'attente.

III.5.3 - Le coupleur

Organisation - interface avec le processeur

Le coupleur a pour but d'assurer les échanges entre le processeur micro-programmé et les organes qui lui sont raccordés. Il doit donc du point de vue interface, être compatible avec ce qui est défini pour le processeur que nous utilisons et dont nous ne sommes pas maître. Les informations transmises entre le coupleur et le processeur passent sur le bus général et respectent la procédure définie en annexe 3.

Les fonctions du coupleur

Les échanges entre le coupleur et le processeur sont de deux types :

- Echanges ayant lieu au cours du fonctionnement normal.
- Echanges ayant lieu lors de l'initialisation au début de la mise en marche des organes de commande.

Fonctions d'initialisation

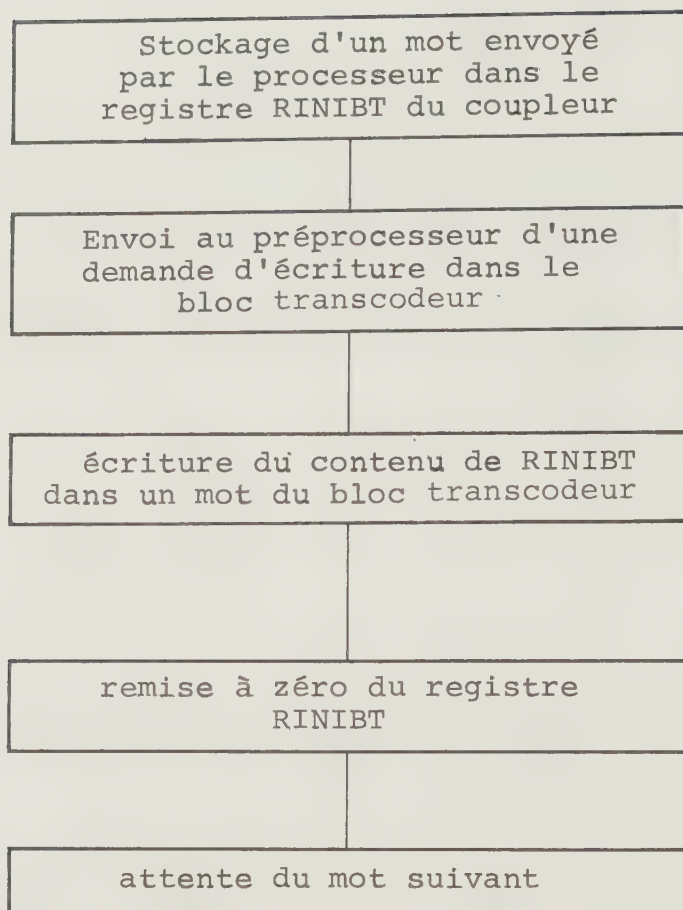
Trois fonctions sont utilisées pour charger les blocs du préprocesseur.

INIBT initialisation du bloc transcordeur.

INIBP initialisation du bloc primaire.

INIBS initialisation du bloc secondaire.

L'initialisation des blocs du préprocesseur se fera de façon séquentielle en employant l'algorithme suivant :



Exemple chargement du bloc transcodeur.

Une fonction INITI fera la remise à zéro du préprocesseur, c'est à dire remettra dans l'état initial un certain nombre de bascules et de compteurs.

Fonctions exécutées en cours de fonctionnement

Le message de 32 e.b. envoyé par la logique de décision est rangé dans deux registres de 16 e.b. : REG1 et REG2. Lorsque le processeur veut prendre en compte un message envoyé par le préprocesseur, il envoie successivement deux fonctions de lecture : LEC1 et LEC2 en direction du coupleur. Recevant ces fonctions, le coupleur enverra le contenu de ces deux registres en direction du processeur.

Lorsque le processeur désire modifier le contenu d'un mot de la mémoire de commande, il envoie en direction des registres d'interface, via le coupleur, les informations suivantes :

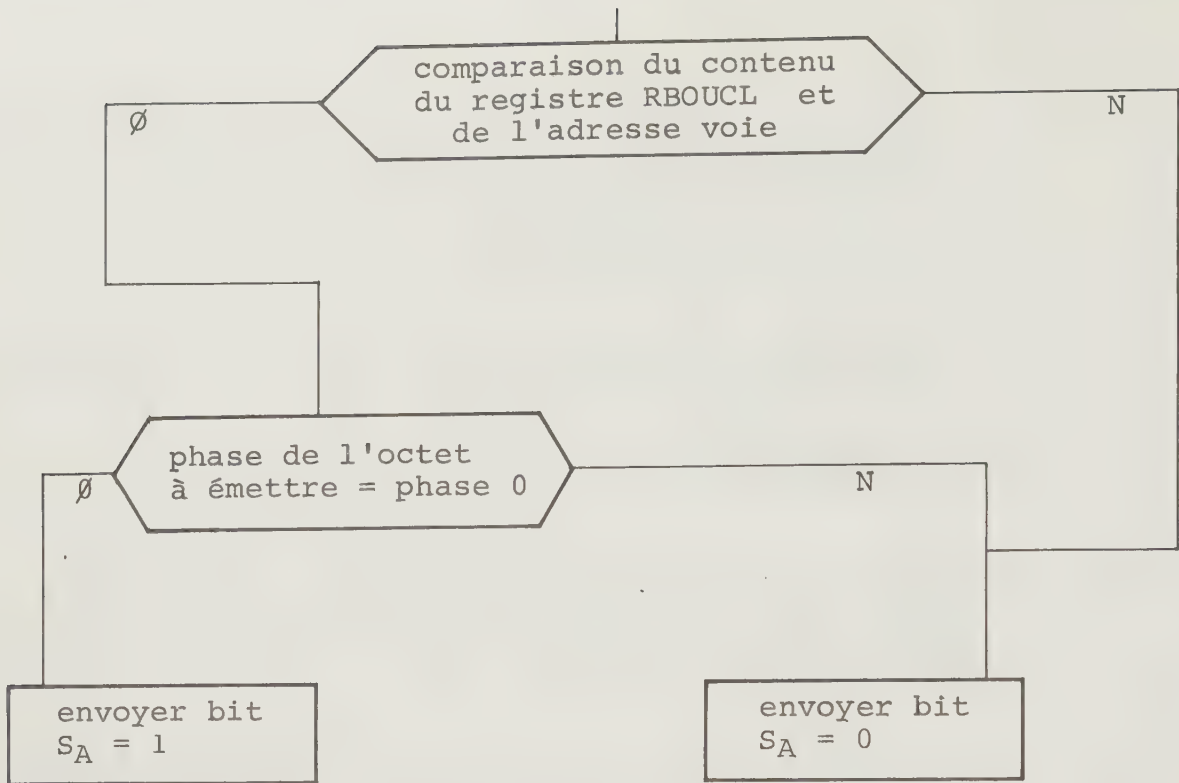
- Le contenu du mot à écrire dans la mémoire de commande (EMC sur 16 e.b.).
- L'adresse où cette écriture aura lieu (AMC sur 15 e.b.).
- L'indication qu'une écriture est demandée (CEM sur 1 e.b.).

La première information est contenue dans un mot de 16 e.b. transmis au coupleur lors de la fonction ECRMC, les deux autres sont contenues dans un mot de 16 e.b. transmis au coupleur lors de la fonction ADRMC.

Ces informations, rangées dans les registres REMC et RAMC du coupleur, seront envoyées, sur un signal commandé par la logique de décision, sur les registres d'interface. Selon la valeur de CEM, le contenu de ces registres sera ou non pris en compte par la logique de la mémoire de commande.

Les organes de commande ont la possibilité de décider de boucler un abonné, c'est à dire que les organes de commande vont recevoir les informations qu'ils envoient à l'abonné, et pouvoir faire un contrôle sur ces informations. Ce bouclage est réalisé par la mise à 1 de l'e.b. SA, normalement à 0. Lorsque les organes de commande décident de boucler un abonné, le processeur envoie au coupleur l'ordre BOUCL ainsi que l'adresse voie en question. Celle-ci est rangée dans le registre R BOUCL.

Le coupleur, recevant par ailleurs la phase de l'octet à envoyer ainsi que l'adresse voie traitée durant l'intervalle de temps en cours par le préprocesseur, exécute les fonctions suivantes :



Lorsque les organes de commande désirent cesser le bouclage de l'abonné en question, le processeur envoie l'ordre DBOUCL au coupleur, ce qui remet à zéro l'indicateur de bouclage et supprime l'envoi d'un bit S_A à 1 pour cet abonné.

Nous avons vu dans le chapitre concernant la logique de décision que le bloc d'alarme détectait les défauts de parité en provenance des blocs transcodeur, primaire et secondaire. Ces erreurs sont alors transmises au coupleur. Il en est de même de l'indication FILE PLEINE envoyée par la file d'attente.

Ces quatre informations sont mémorisées dans des bascules. Lorsque l'une d'entre elles passe à 1, une demande d'interruption est envoyée au processeur micro-programmé. Celui-ci prendra en compte cette interruption et la traitera après avoir envoyé au coupleur la fonction MOETA qui permet au processeur de connaître la cause de l'interruption.

CHAPITRE 4

LE PROCESSEUR MICROPROGRAMME

IV.1 - LA MICRO MACHINE T1600

Comme toute machine micro-programmée, la micro machine du T1600 comporte essentiellement trois parties :

- Une mémoire morte où sont stockées les micro instructions : la mémoire de programme.
- Un opérateur, c'est à dire la partie cablée qui exécute les micro instructions.
- Un processeur mémoire qui est l'organe qui gère les échanges sur le bus mémoire.

Nous verrons dans les chapitres suivants les modifications qui ont été apportées à cette structure de base qu'il est, au préalable nécessaire d'expliquer. On trouvera dans [11] et [10] une description plus complète de la micro machine.

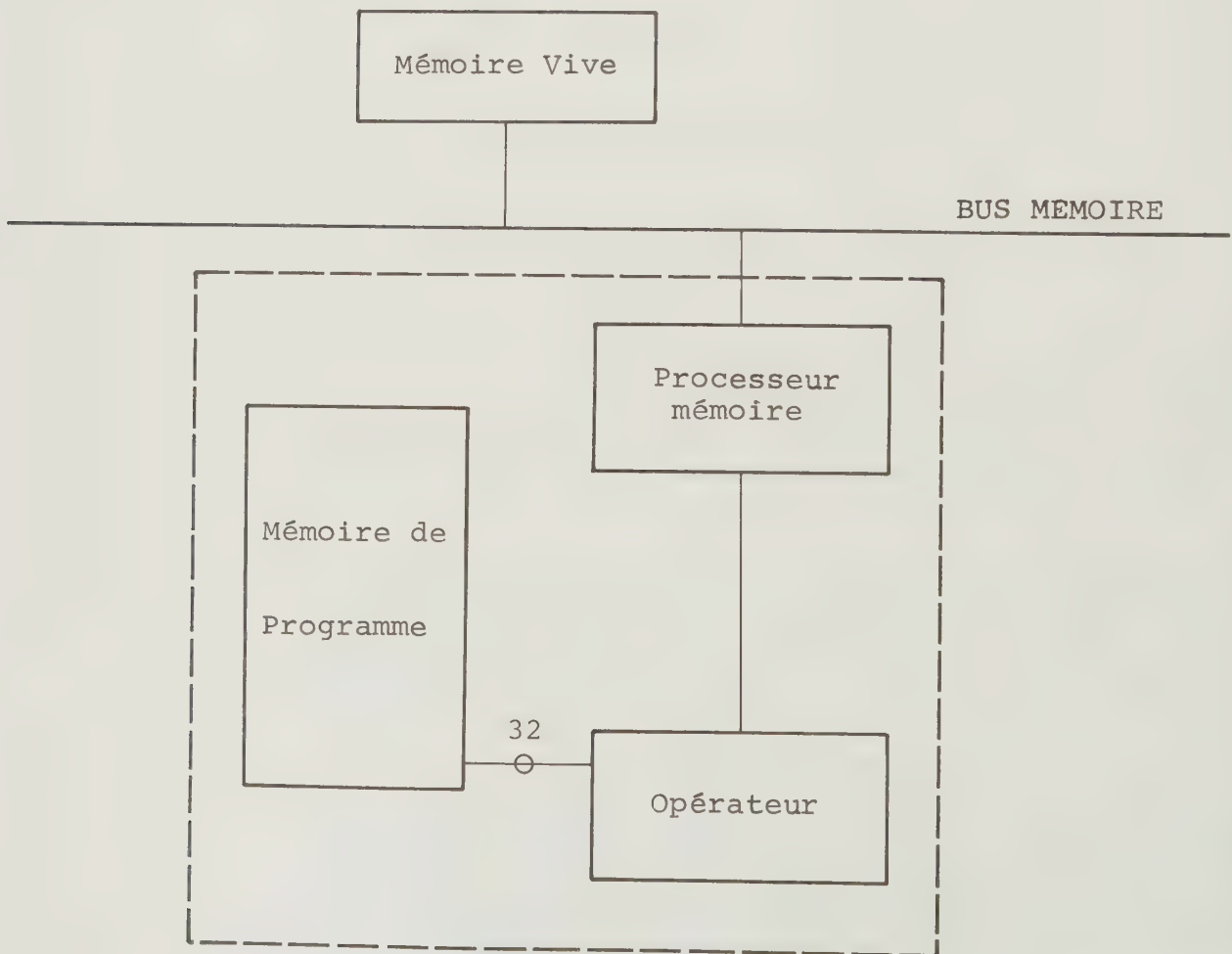


Figure 10

IV.1.1 - Mémoire de Programme

Dans la version standard la micro machine du T1600 compte une mémoire de micro-programmes comportant 1k mots de 32 e.b. Elle est réalisée en mémoire morte (ROM) c'est à dire qu'elle est inscrite une seule fois et est ensuite lue uniquement, les informations étant stockées dans cette mémoire de manière inaltérable et non volatile. Nous verrons dans le chapitre suivant quelles sont les modifications qui ont été apportées à cette partie de la micro machine pour pouvoir répondre aux nécessités de la maquette. Ces modifications sont au nombre de deux :

- d'une part, la nature de la mémoire a été changée : celle de la maquette est une mémoire vive (donc modifiable.) ;
- d'autre part, la taille disponible 1k mots, étant trop faible, il a été décidé d'étendre sa capacité à 4k mots.

Chaque mot de la mémoire de programme contient une micro instruction. On trouvera dans le document concernant le logiciel, dans le chapitre 4, une étude des micro instructions et notamment, le contenu des différents champs. Mentionnons cependant ici, les principaux : Tout d'abord dans chaque micro instruction existe une indication concernant l'adresse de la prochaine micro instruction à exécuter. Plusieurs enchaînements sont possibles : en séquence, saut, retour de sous-programme. Ces différents cas sont indiqués dans un champ et dans le cas d'un saut, l'adresse de la micro instruction suivante figure dans un champ particulier.

Parmi les autres champs on trouve :

- Un champ indiquant le type d'instruction à réaliser : calcul, décalage, entrée-sortie, instruction sur valeur.
- Un champ indiquant l'opération à effectuer.
- Un champ "Premier opérande" indiquant le registre qui est utilisé en tant que premier opérande.
- Un champ "Second opérande".
- Un champ destinataire qui indique où le résultat doit être rangé.
- Un champ indiquant si une fonction doit être envoyée à l'unité de Gestion du Bus Mémoire.

On trouvera en annexe 6 un tableau donnant les différents champs des micro instructions.

L'exécution en séquence des différentes micro instructions est réalisée selon le schéma suivant :

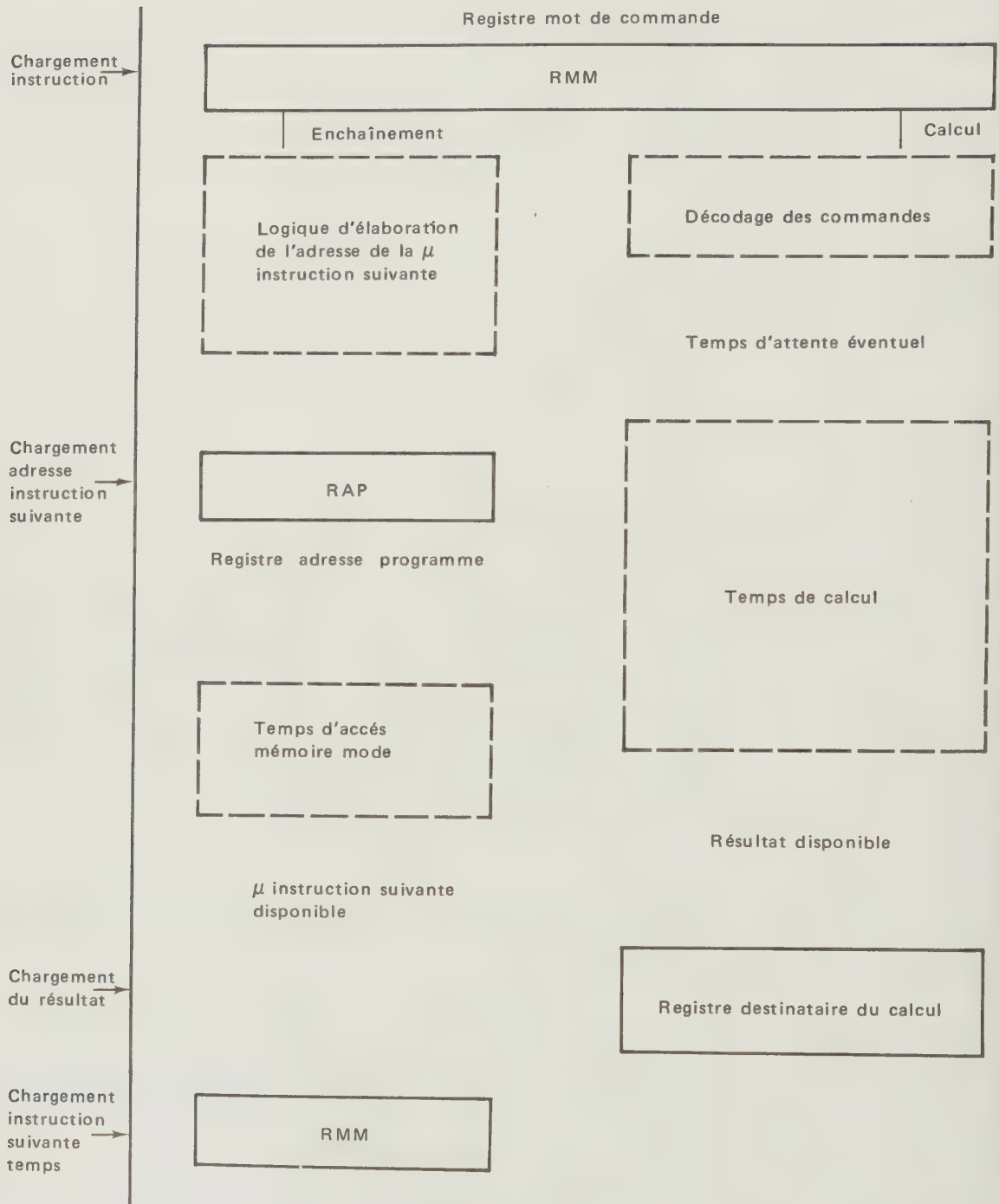
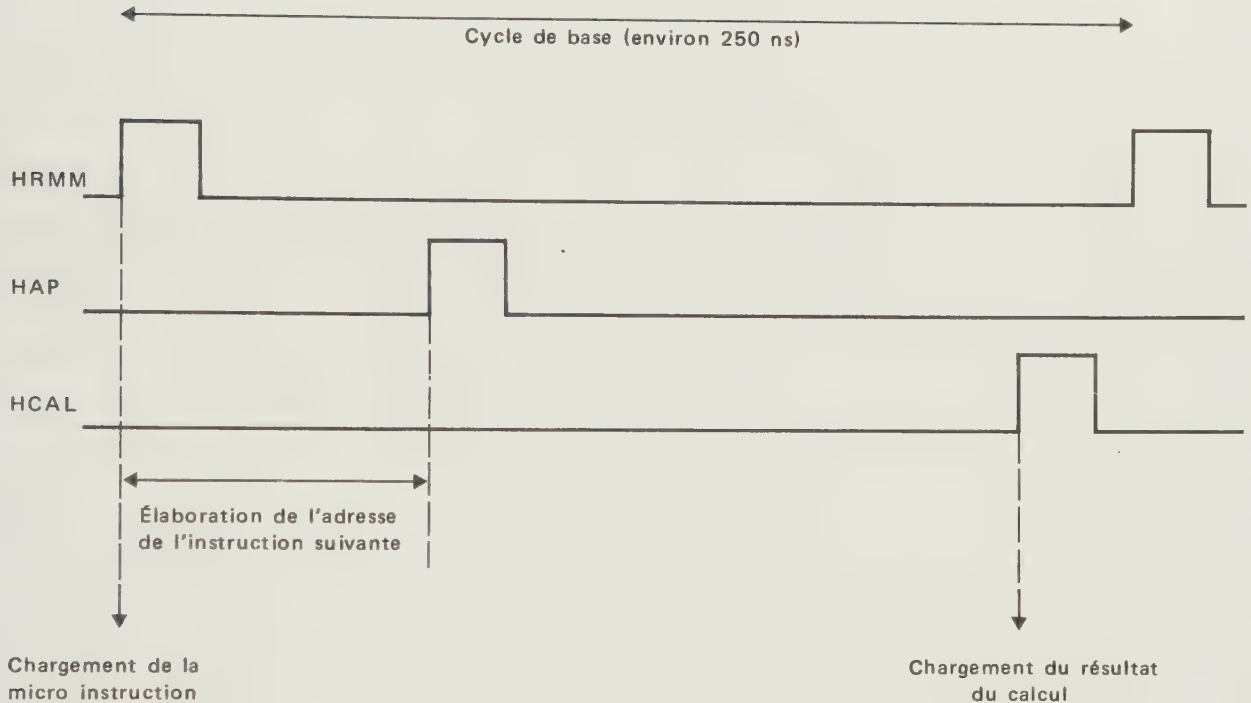
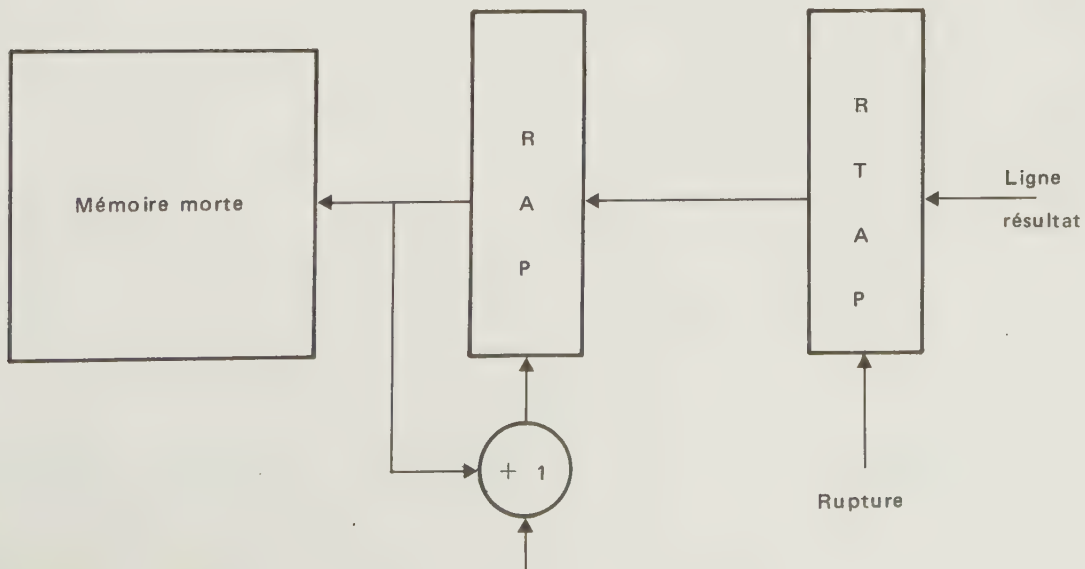


Figure 11

Pour pouvoir exécuter des instructions le plus rapidement possible, on est contraint à effectuer en même temps que les commandes demandées, la lecture de la micro instruction suivante. L'horloge de base de la micro machine travaille sur le diagramme de temps suivant



Pour réaliser l'enchaînement des micro instructions, on est conduit à utiliser le dispositif suivant où le registre d'adresse programme RAP peut, soit être incrémenté de +1 à chaque instruction (cas d'une instruction en séquence), soit recevoir le contenu d'un registre tampon d'adresse programme RTAP (cas d'une rupture de séquence).



IV.1.2 - L'opérateur

Il comporte une unité arithmétique et logique (ALU) ainsi qu'un certain nombre de registres. Ceux-ci sont connectés à l'ALU par l'intermédiaire de trois lignes.

- . La ligne premier opérande L 10
- . La ligne second opérande L 20
- . La ligne résultat L R

L'opérateur proprement dit utilisant les données présentes sur L 10 et L 20 et émettant le résultat sur L R.

Les différents registres utilisés pour ces opérations sont les suivants :

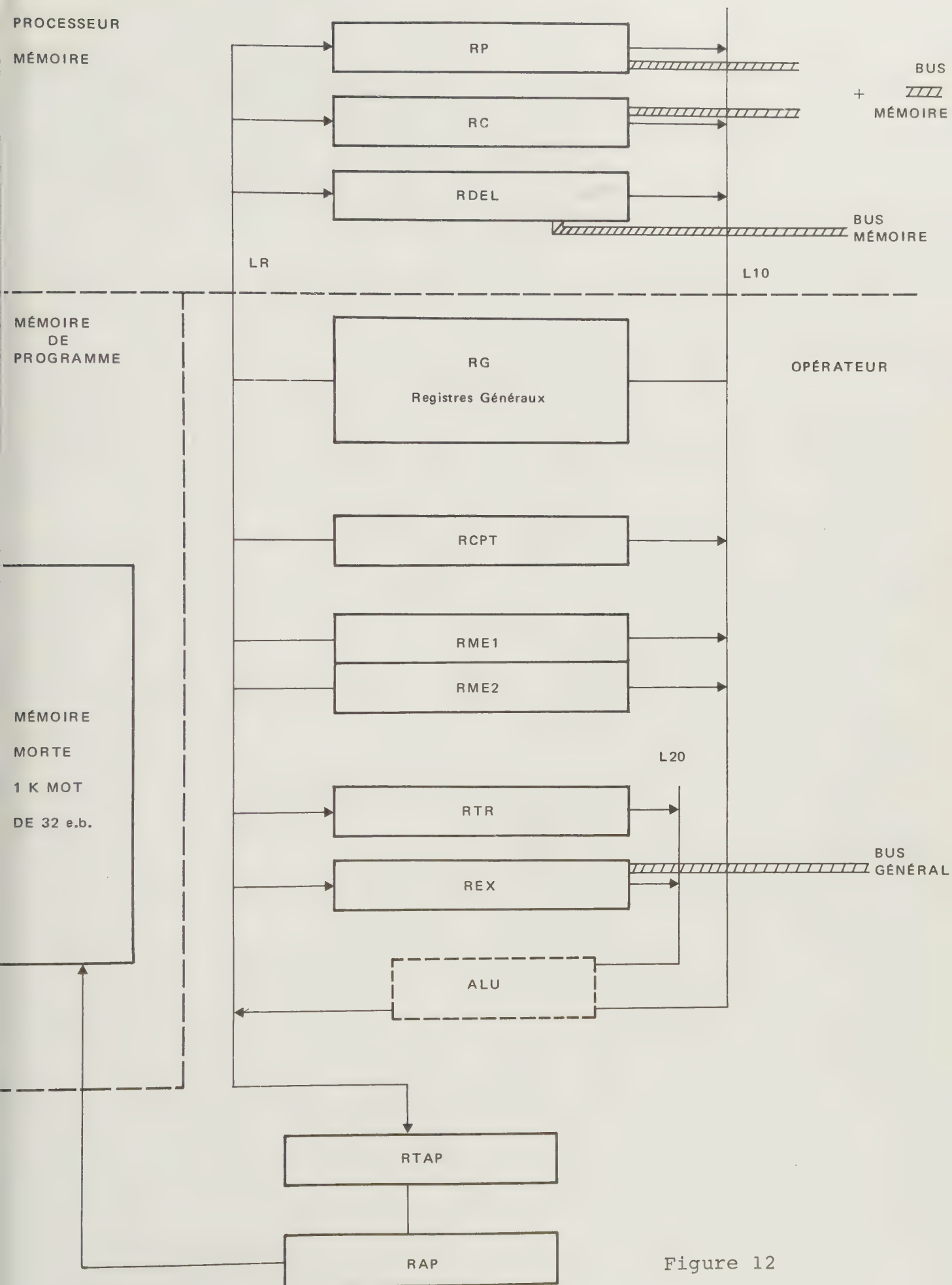


Figure 12

Sur ce schéma figurent trois types de registres : ceux qui appartiennent en propre à l'opérateur, ceux qui comme RAP et RTAP appartiennent à l'opérateur mais ont uniquement un rôle d'adressage de la mémoire de programme (physiquement ils se trouvent, ainsi que leur logique, sur la carte mémoire) et ceux qui appartiennent à l'opérateur et au processeur mémoire, comme RP, RC et RDEL.

Certains registres sont connectés sur L1Ø, d'autres sur L2Ø et d'autres sur LR.

. Sur L1Ø

- . Deux jeux de 16 registres généraux accessibles par le programmeur.
- . Des registres utilisés par la micro machine pour sa gestion interne.

- RME1	}	
- RME2	}	mot d'état
- RTR		- RP
- RCPT		- RC
		- RDEL

. Sur L2Ø

- RTR
- REX : registre d'échange avec le bus général.

. Sur LR

- Les registres généraux

- RME1
- RME2
- RCPT
- RTR
- REX
- RTAP
- RP
- RC
- RDEL

Le processeur Mémoire

Son but est de gérer tous les échanges entre l'unité de traitement et le bus mémoire. Il a donc trois types de fonctions à assumer.

- Lecture en mémoire d'un mot contenant une instruction à exécuter. Ce mot sera décodé dans la micro machine et celle-ci appellera les micro instructions nécessaires pour exécuter cette instruction. L'adresse de ce mot sera rangée dans le registre RP.
- Lecture en mémoire des opérandes nécessaires à l'exécution du programme en cours.
- Ecriture en mémoire durant l'exécution d'un programme.

Ces adresses de lecture et d'écriture sont rangées dans le registre RC.

Enfin le registre RDEL sert aux échanges d'information avec le bus mémoire.

Les trois registres RC, RP et RDEL sont connectés à L1Ø et LR.

IV.2 - MODIFICATIONS APPORTEES AU PROCESSEUR MICRO-PROGRAMME

Le fait d'utiliser, comme base du processeur micro-programmé, la micro machine d'un ordinateur ne peut se concevoir que si l'on adapte cette dernière au problème posé.

Lorsque nous avons étudié la structure à trois niveaux des organes de commande, nous avons remarqué que le processeur jouait en fait, le rôle d'une unité d'échange vis à vis de l'unité centrale. La structure de la micro machine, orientée autour de deux bus, le bus mémoire et le bus général se prête bien à une telle utilisation. De même la rapidité (temps de cycle moyen des micro instructions d'environ 250 ns) et la puissance de la micro machine (micro instructions pouvant réaliser plusieurs événements simultanément) permettent de l'utiliser efficacement pour le problème posé qui nécessite surtout une rapidité de traitement très importante.

Par contre, le fait de ranger les micro instructions dans une mémoire morte (ROM) de 1k mots maximum présente deux inconvénients : le premier étant relatif à la structure de la mémoire qui ne permet aucune modification des micro instructions, une fois celles-ci écrites dans la mémoire, et le second quant à la capacité de la mémoire 1k mots et à la nature des micro instructions, qui, écrites pour la machine standard, n'étaient pas forcément adaptées au problème posé.

En ce qui concerne la mémoire de programme, deux modifications étaient donc nécessaires :

- Utiliser une mémoire vive ;
- Utiliser une capacité permettant de disposer des micro programmes nécessaires.

Cette capacité a été évaluée à 4k mots.

Nous avons vu dans le chapitre 2-2 que le bus mémoire était utilisé pour plusieurs types d'échanges :

- Echange unité de traitement-mémoire de travail ;
- Echange processeur-unité centrale ;
- Echange unité centrale-mémoire de programme lors du chargement de celle-ci.

L'organe standard utilisé pour gérer ce bus, le processeur mémoire ne peut pas réaliser ces différentes fonctions. Il est donc nécessaire de le remplacer par l'unité de gestion du bus mémoire ou UGBM.

En outre, la gestion des échanges entre le processeur micro-programmé et l'unité centrale pose des problèmes analogues à ceux posés par les échanges préprocesseurs-processeurs, les deux organes travaillant à des vitesses tout à fait différentes. Il y a donc lieu d'utiliser une procédure gérée par une file d'attente pour les échanges entre ces deux organes. De manière à perdre le moins de temps possible, le processeur micro-programmé aura un Accès Direct à la Mémoire (ADM) de l'unité centrale, cet élément doit donc être également réalisé puisque les ADM standards n'ont pas pour fonction de gérer un type d'échange par files d'attente.

Nous verrons dans le paragraphe consacré aux échanges processeur micro-programmé-unité centrale que les échanges entre ces deux organes sont de deux types différents : échanges de messages dans chacun des deux sens et échanges de données également dans les deux sens. Le premier type d'échange sera géré par des files d'attente, le second consistera simplement en une écriture ou une lecture en mémoire de l'unité centrale.

La dernière modification sera relative au pupitre du processeur micro-programmé. Le pupitre standard du calculateur réalise un certain nombre de fonctions sur les instructions des programmes qui se déroulent dans l'UC. Il est par contre dans l'impossibilité de traiter tout ce qui se rapporte à la micro machine. Il était donc nécessaire de créer un pupitre qui permette de travailler sur la micro machine et de visualiser un certain nombre de résultats.

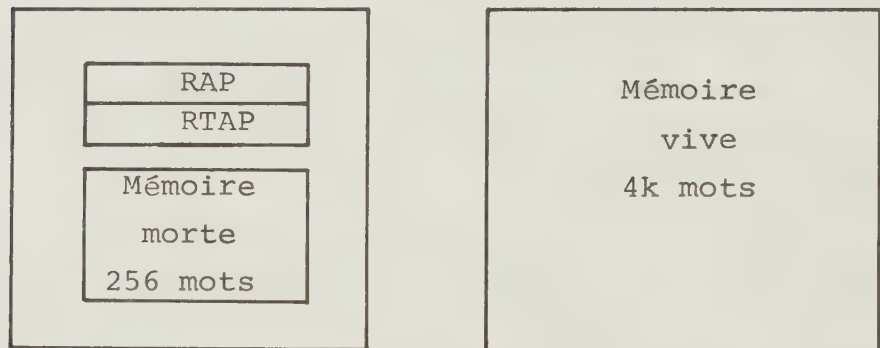
IV.2.1 - LA MEMOIRE DE MICRO-PROGRAMME

Le fait de remplacer la mémoire morte de 1k mots de 32 e.b. par une mémoire vive (RAM) de 4k mots de 32 e.b. pose deux problèmes relatifs, l'un à l'adressage, l'autre à la permanence de l'information dans ces mémoires puisqu'elles sont "volatiles.

Nature de la Mémoire

La mémoire utilisée pour ranger les micro instructions étant une mémoire RAM bipolaire, il est nécessaire de l'inscrire après toute mise sous tension, alors que cette opération est inutile dans le cas d'une ROM.

Il est donc nécessaire de disposer dans la mémoire de programme d'un bootstrap, inscrit en mémoire morte, qui permette de commander l'initialisation de la mémoire de programme. Celle-ci a alors la structure suivante :



- Une mémoire vive de 4k mots dans laquelle seront rangés les programmes.
- Une mémoire morte ROM dans laquelle sera chargé le bootstrap. Ce programme, très court, ne nécessitera pas de disposer d'une mémoire morte standard de 1k mots : 256 mots seront amplement suffisants. Il est alors possible d'utiliser une mémoire morte quelconque sans rapport avec celle utilisée de manière standard.

Nous avons vu dans le chapitre précédent que les registres RAP et RTAP, utilisés pour l'adressage de la mémoire de programme, se trouvaient physiquement dans la partie mémoire de programme de la micro machine. De manière à faire le moins de modifications possible sur cette dernière, il a été décidé de garder la carte mémoire morte standard

qui, outre la mémoire proprement dit contient tous les dispositifs d'adressage et notamment RAP et RTAP. Cette carte ne sera, en ce qui concerne les boîtiers mémoire pas équipée totalement : seuls 256 mots seront implantés.

Adressage de la Mémoire

La mémoire morte standard a une capacité de 1 k mots, mais elle peut être étendue à 2k mots, aussi 11 e.b. sont utilisés pour son adressage (registre RAP et RTAP).

Utilisant maintenant une mémoire de 4k mots, 12 e.b. d'adresse sont maintenant nécessaires. Nous sommes donc conduits à paginer la mémoire, c'est à dire à la scinder en deux blocs de 2k mots, le choix entre ces blocs étant indiqué par un e.b. de page, situé dans l'unité de Gestion du Bus mémoire.

Le bloc dans lequel on travaillera sera sélectionné par programme.

La structure de la mémoire est alors la suivante :

Bus mémoire

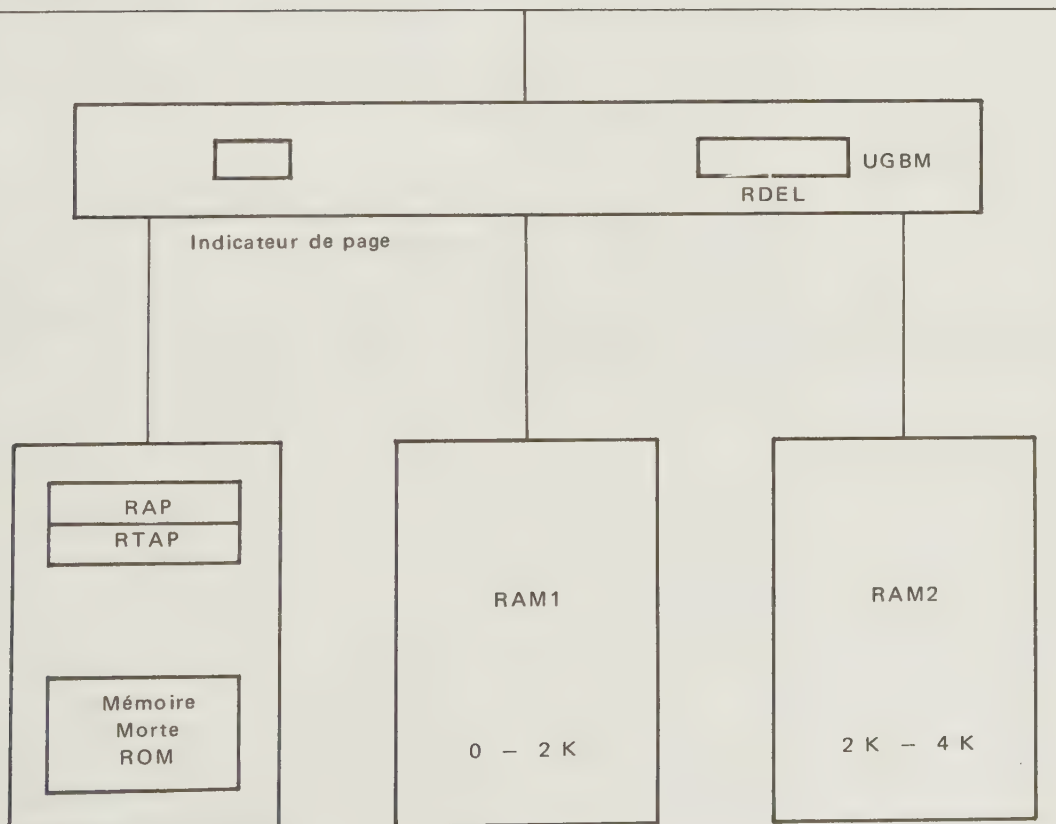


Figure 13

IV.2.2 - L'UNITE DE GESTION DU BUS MEMOIRE : UGBM

Le processeur mémoire, utilisé par la micro machine standard pour gérer les échanges sur le bus mémoire, dispose de 16 fonctions différentes du type "demande de cycle lecture", demande de cycle écriture"... Pour réaliser les fonctions nécessaires à l'utilisation du bus mémoire, il est nécessaire de modifier très profondément le processeur mémoire. Nous avons donc décidé de le remplacer par une unité de gestion du bus mémoire ou UGBM. Celle-ci doit donc assurer les trois types de fonctions suivants :

- Fonctions d'échange avec la mémoire de l'UC.
- Echanges internes au processeur micro-programmé.
- Initialisation des deux blocs de mémoire vive de la mémoire de programme.

Initialisation - chargement des mémoires vives

Lors de l'initialisation, l' UGBM donne le contrôle au bootstrap. Celui-ci lance alors le programme de lecture, dans la mémoire de l' UC, du fichier binaire de l'ensemble des micro-programmes. Pour ceci, il dispose de l'adresse de début de l'implantation de ce fichier dans la mémoire de l' UC, la lecture se faisant séquentiellement à partir de cette adresse.

L' UGBM reçoit en provenance de la mémoire l'UC des mots de 16 e.b. Les mémoires de commande comportant des mots de 32 e.b., l' UGBM rassemble deux mots consécutifs et effectue sur ceux-ci un contrôle de parité avant de les transmettre aux blocs mémoires. Une fois le transfert terminé, il donne le contrôle au programme moniteur de l' UMS, situé dans le premier bloc mémoire RAM1.

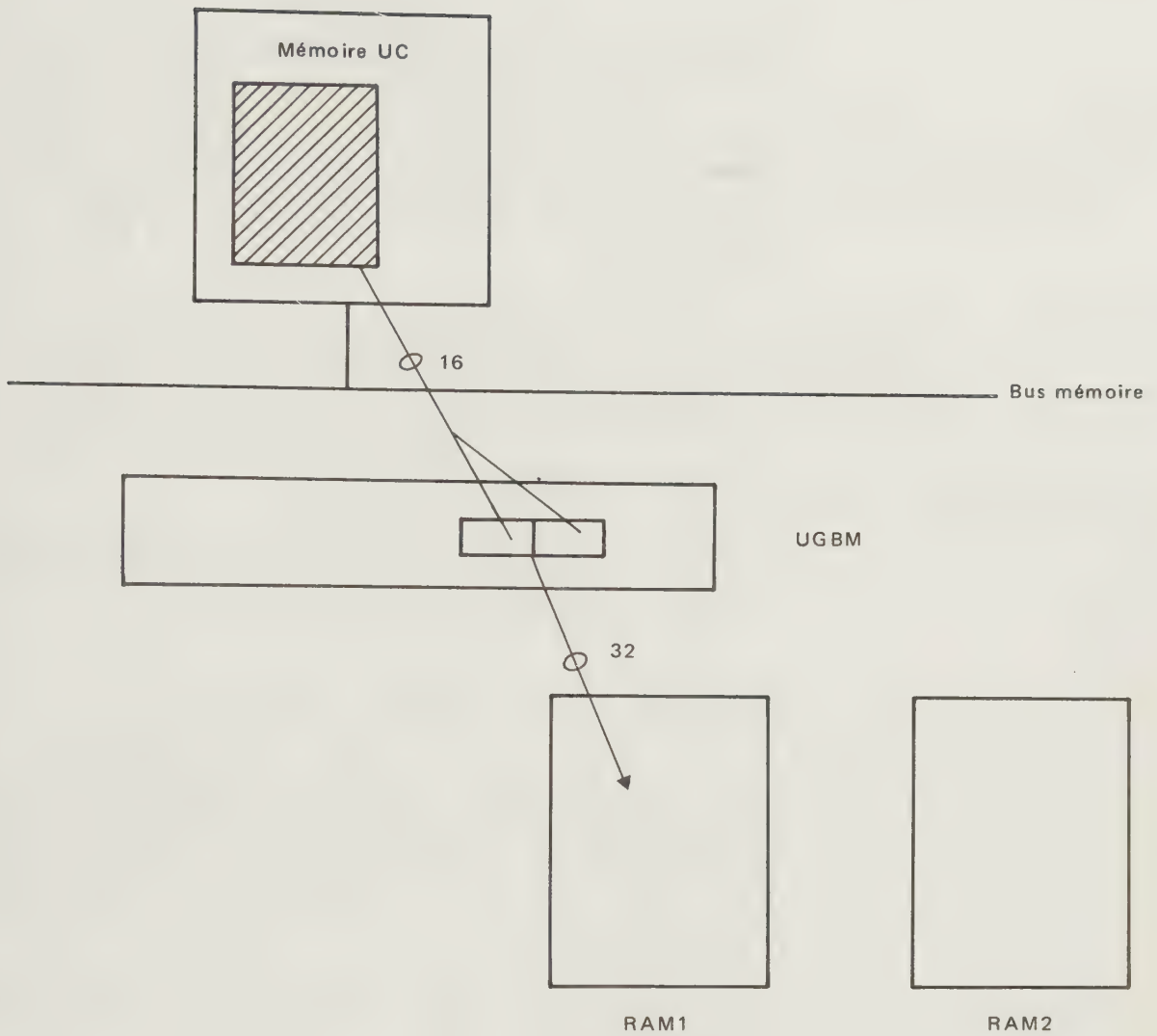


Figure 14

Chargement des deux blocs en mémoire vive de la mémoire de programme.

Echanges internes au processeur micro-programmé

En cours de fonctionnement l'un des trois blocs mémoires est sélectionné par le registre de page. Cette sélection est permanente. Lorsqu'un programme désire la modifier, il envoie un ordre à l'UGBM qui sélectionne alors le bloc mémoire demandé.

- . Lorsque l'on désire écrire un mot dans la mémoire de programme, que ce soit lors du chargement ou lors du fonctionnement quand on décide d'écrire un mot affiché sur le pupitre, une fonction d'écriture en mémoire de programme est nécessaire.
- . Les échanges avec la mémoire de travail sont gérés par les fonctions de lecture et d'écriture en mémoire de travail.

Echanges avec la mémoire de l' UC

Nous verrons dans le paragraphe concernant l'accès direct mémoire comment sont gérés ces échanges. Mentionnons ici les fonctions nécessaires pour commander ces échanges :

- Lecture d'un mot à une adresse donnée dans la mémoire de l' UC.
- Ecriture d'un mot à une adresse donnée dans la mémoire de l' UC.
- Lecture d'un mot dans la file d'attente de sortie de l' UC.
- Ecriture d'un mot dans la file d'attente d'entrée de l' UC.

Les deux premières fonctions sont relatives à des échanges de données entre le processeur micro-programmé et l' UC (par exemple les caractères de numérotation), les deux autres à des échanges de commande (par exemple indication de décrochage, changement d'état d'un abonné.) On trouvera en annexe 1 la liste des commandes échangées entre ces deux organes.

Les échanges avec l'unité centrale ou la mémoire de travail utilisent les registres RP et RDEL. Lors de ces échanges, qui nécessitent un temps long vis à vis du temps d'exécution des micro

Instructions, il était possible de bloquer systématiquement l'horloge du processeur micro-programmé jusqu'à la fin de l'échange. Cette solution est en fait inacceptable, compte tenu de la vocation du processeur. On est alors conduit à la notion de blocage sélectif : une demande d'échanges n'arrête pas systématiquement l'horloge du processeur : le programme continue à tourner, pourvu qu'il n'utilise pas le contenu des registres RP et RDEL.

Lorsqu'une instruction utilise un de ces registres, le blocage de l'horloge a lieu : il empêche l'apparition du signal HCAL qui valide le résultat de l'opération en cours.

Une fois la fonction d'échange terminée, l'horloge est remise en route et l'instruction interrompue peut se terminer.

IV.2.3 - L'ACCES DIRECT MEMOIRE

L'unité centrale et le processeur micro-programmé étant deux organes qui travaillent à des vitesses très différentes, il était logique de gérer leurs échanges à l'aide de files d'attente. Une étude de ces échanges conduisait à considérer deux catégories d'échanges possibles :

- Les échanges de commande.
- Les échanges de données.

Ces derniers sont les plus nombreux (exemple, les envois de caractères de numérotation). Le fait de les transmettre par l'intermédiaire de la file d'attente pouvait conduire, soit à une saturation de celle-ci, soit à une augmentation de sa taille. De plus, dans ce cas, ces informations étaient d'abord inscrites dans la file d'attente, puis, lors de leur prise en compte par l'unité centrale, rangées dans l'enregistreur réservé. Pour gagner du temps, il fut donc décidé de les inscrire directement dans l'enregistreur, le processeur devant alors avoir connaissance de l'adresse de ce dernier dans la mémoire de l' UC.

Une solution analogue pouvait être choisie dans le cas du service spécial "émission de message en différé". Dans ce cas, le message est stocké dans la mémoire de l'unité centrale et le processeur vient lire séquentiellement les différents mots constituant ce message.

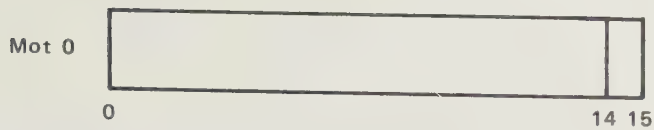
En définitive, seuls les échanges de commande nécessitent l'utilisation de file d'attente. Ceci permet donc de diminuer la taille de ces dernières.

Echanges de commande

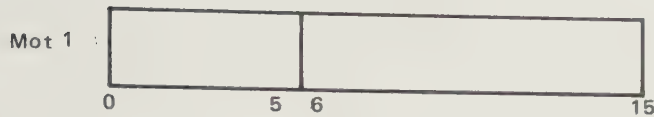
Ils s'effectuent par l'intermédiaire de deux files d'attente situées dans la mémoire de l'unité centrale, une pour chaque sens d'échange. Ces files d'attente sont dimensionnées à 512 mots de 16 e.b. Les échanges, dans chaque sens, sont constitués de deux mots, l'un relatif à l'information, l'autre indiquant à quel élément se rapporte cette information.

Le format de ces deux mots sera le suivant :

- Dans le sens processeur → UC.

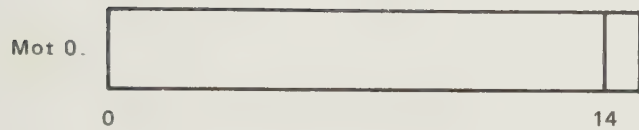


0 - 14 (adresse de voie ou
(adresse d'enregist-
(treur.



0 - 5 numéro de la commande
6 - 15 (adresse de micro -
(enregistreur ou nombre
(de caractères de numé-
(rotation reçus.

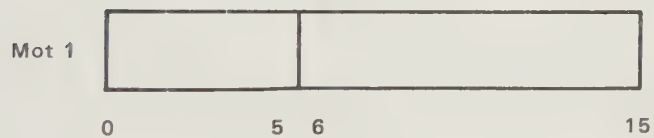
- Dans le sens UC → processeur.



0 - 14 (adresse de voie ou
(adresse d'enregist-
(treur

ou

0 - 7 caractère de progres-
sion d'appel



0 - 5 numéro de la commande
6 - 15 numéro de micro-
enregistreur

Les pointeurs nécessaires pour gérer les deux files d'attente ne peuvent pas être situés dans une mémoire du processeur car l'unité centrale n'y a pas accès. Ils ne peuvent pas non plus être situés dans la mémoire de l'unité centrale car à chaque écriture de la part du processeur, les opérations suivantes seraient nécessaires :

- Lecture du pointeur d'écriture en mémoire.
- Ecriture des deux mots dans la file d'attente en mémoire.
- Incrémentation du pointeur d'écriture.
- Lecture du pointeur de lecture.
- Comparaison des pointeurs.
- Ecriture du pointeur d'écriture en mémoire.

Il y aurait donc quatre opérations en mémoire UC, c'est à dire une durée équivalente à celle nécessaire au déroulement d'une vingtaine de micro instructions. Cette solution, trop lente, est donc abandonnée. La solution retenue consiste à placer ces pointeurs ainsi que la logique de gestion des files d'attente sur un support n'appartenant ni à la mémoire du processeur, ni à celle de l'unité centrale, mais à un élément accessible par ces deux organes de commande : l'accès direct mémoire ou ADM, implanté physiquement dans le bac de l'unité centrale.

Le choix d'une procédure qui monopolisait le processeur le moins possible nous a conduit à la structure suivante :

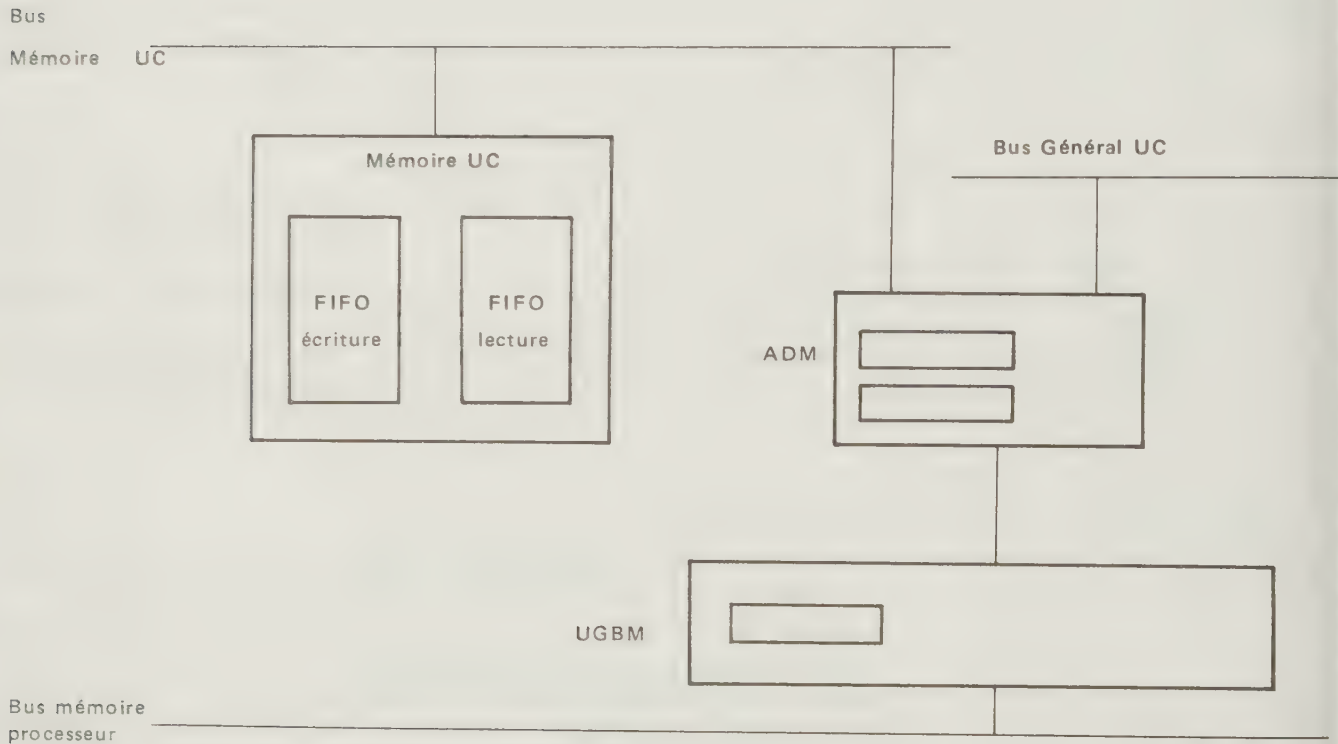


Figure 15

cas d'une écriture dans la file d'attente :

Le processeur, par l'intermédiaire de l' UGBM envoie à l' ADM les deux mots à écrire dans la file d'attente. Celui-ci les range dans un tampon et émet une demande d'écriture à l'adresse indiquée par le pointeur d'écriture.

Une fois les écritures des deux mots faites, l' ADM incrémente le pointeur.

La lecture, de la part de l'unité centrale, est réalisée de la façon suivante :

- Emission de la part de l'unité centrale d'une demande de lecture, sur le bus général.
- Envoi d'un message de la part de l' ADM indiquant si la lecture est possible ou non.
- Dans le cas où la lecture est possible, une fois le message envoyé, l' ADM considère que la lecture a eu lieu et le pointeur de lecture est incrémenté.

Dans le cas d'une lecture dans la file d'attente unité centrale-processeur, la procédure est analogue.

L' ADM est également utilisé pour les échanges de données : le processeur envoie par l'intermédiaire de l' UGBM une demande d'écriture en mémoire. L'adresse d'écriture ainsi que le mot à émettre sont rangés dans des registres de l' ADM. Celui-ci lance alors une demande d'écriture en mémoire. Le processeur micro-programmé est donc employé durant le minimum de temps pour cet échange.

IV.2.4 - LE PUPITRE

Le pupitre du processeur micro-programmé a pour but principal de faciliter la mise au point des micro-programmes. Pour cela il doit donc avoir accès aux registres internes de la micro-machine. La constitution de cette dernière, et notamment les jeux de registres généraux ne permettent pas une visualisation simple de ceux-ci. Lorsque l'on désire visualiser un registre, il faut naturellement interrompre le micro-programme en cours et ensuite, envoyer tous les registres, dans un certain ordre, en direction du pupitre. On peut alors modifier le contenu d'un des registres puis recharger ces registres, dans le même ordre.

Une telle opération nécessite, soit un dispositif purement cablé important, soit un dispositif programmé. La rapidité n'étant pas ici une contrainte, la seconde solution a été choisie. Elle consiste à utiliser un micro-processeur pouvant travailler avec des mots de 16 e.b.

Les fonctions réalisées par le pupitre peuvent être classées en trois grandes catégories :

. Fonctions passives

Elles consistent en la lecture ou l'écriture d'un mot en mémoire de travail ou en mémoire de programme ainsi qu'en la visualisation des bascules d'interruption et du registre d'adresse programme (RAP).

. Fonctions actives

Outre la mise sous tension et la marche programme, elles comprennent le forçage à une valeur donnée du registre d'adresse programme, l'initialisation, l'arrêt sur micro instruction. Enfin, le pupitre a la possibilité de commander une exécution de micro-programme en pas à pas, c'est à dire instruction par instruction, l'opérateur commandant lui-même le passage d'une instruction à la suivante, et l'exécution d'une micro instruction en "step by step", c'est à dire en s'arrêtant avant chacun des trois tops d'horloge (voir IV.1).

. Fonctions programmées

Le pupitre a la possibilité de visualiser les différents registres du processeur.

micro-programmé. Il peut, en outre, forcer le contenu d'un de ces registres à une valeur donnée, affichée au pupitre par l'opérateur.

On trouvera dans [16] une description détaillée du pupitre.

IV.2.5 - LA MEMOIRE DE TRAVAIL

Nous avons vu dans le chapitre III.4 qu'elle pouvait être accédée en lecture seulement par le préprocesseur.

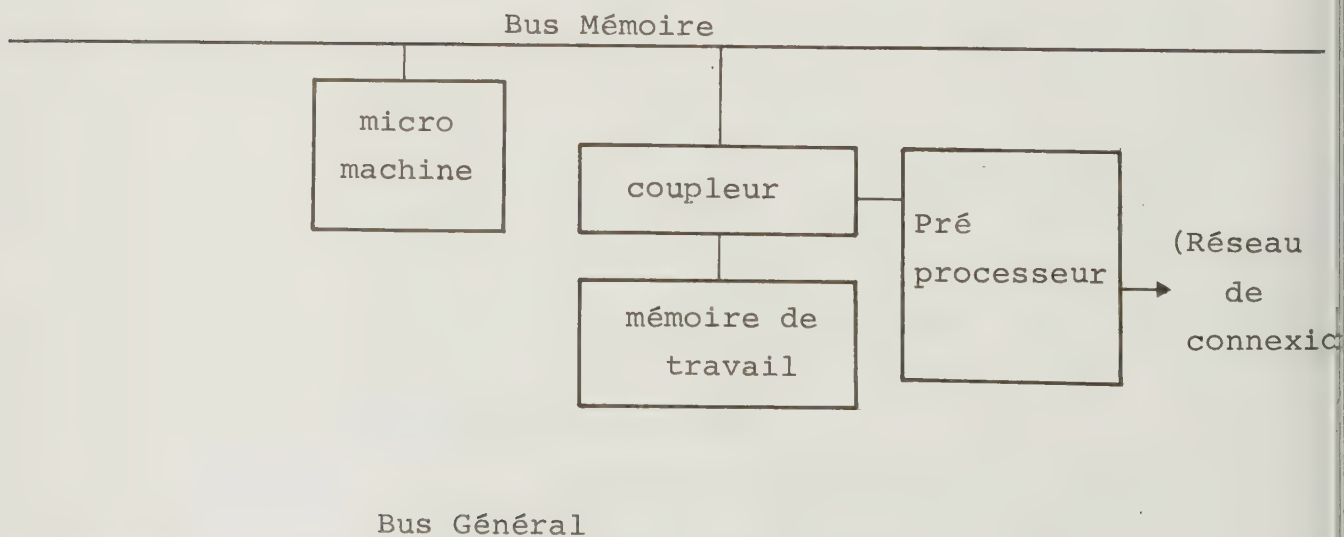
La mémoire de travail fonctionnant avec le processeur micro-programmé qui a un temps de cycle de 250 ns environ, doit avoir un temps d'accès nettement inférieur. Celle qui a été choisie a un temps d'accès de l'ordre de 30 ns.

Le préprocesseur disposant d'un accès direct à cette mémoire, celle-ci ne peut être utilisée par le processeur micro-programmé que lorsque le préprocesseur ne l'utilise pas.

Alors que les échanges préprocesseur-processeur, par l'intermédiaire de la file d'attente et du coupleur, ont lieu sur le bus général, l'accès direct à la mémoire de travail n'emprunte pas le bus général : ceci était en effet impossible, du fait des deux raisons suivantes :

- Le préprocesseur, en tant qu'organe synchrone est prioritaire par rapport au processeur.
- Les échanges sur le bus général sont gérés par une procédure assez longue, dont la durée est incompatible avec la recherche d'une structure fonctionnant le plus rapidement possible pour le préprocesseur.

La structure de la mémoire de travail est alors la suivante :



La maquette étudiée est conçue pour une capacité de 640 voies à 2400 b/s et 5000 voies Telex. En prenant comme hypothèse le fait que 2 % des voies sont en transaction avec le central au même instant, chaque voie en signalisation nécessitant un micro enregistreur de 8 mots de 16 e.b., la capacité mémoire minimum nécessaire serait environ :

$6000 \times 8 \times 0.02 = 960$ mots, soit environ 1k mots.

En considérant qu' 1k mots est nécessaire pour gérer la mémoire, on arrive à une capacité totale minimum de 2k mots de 16 e.b.

CONCLUSION

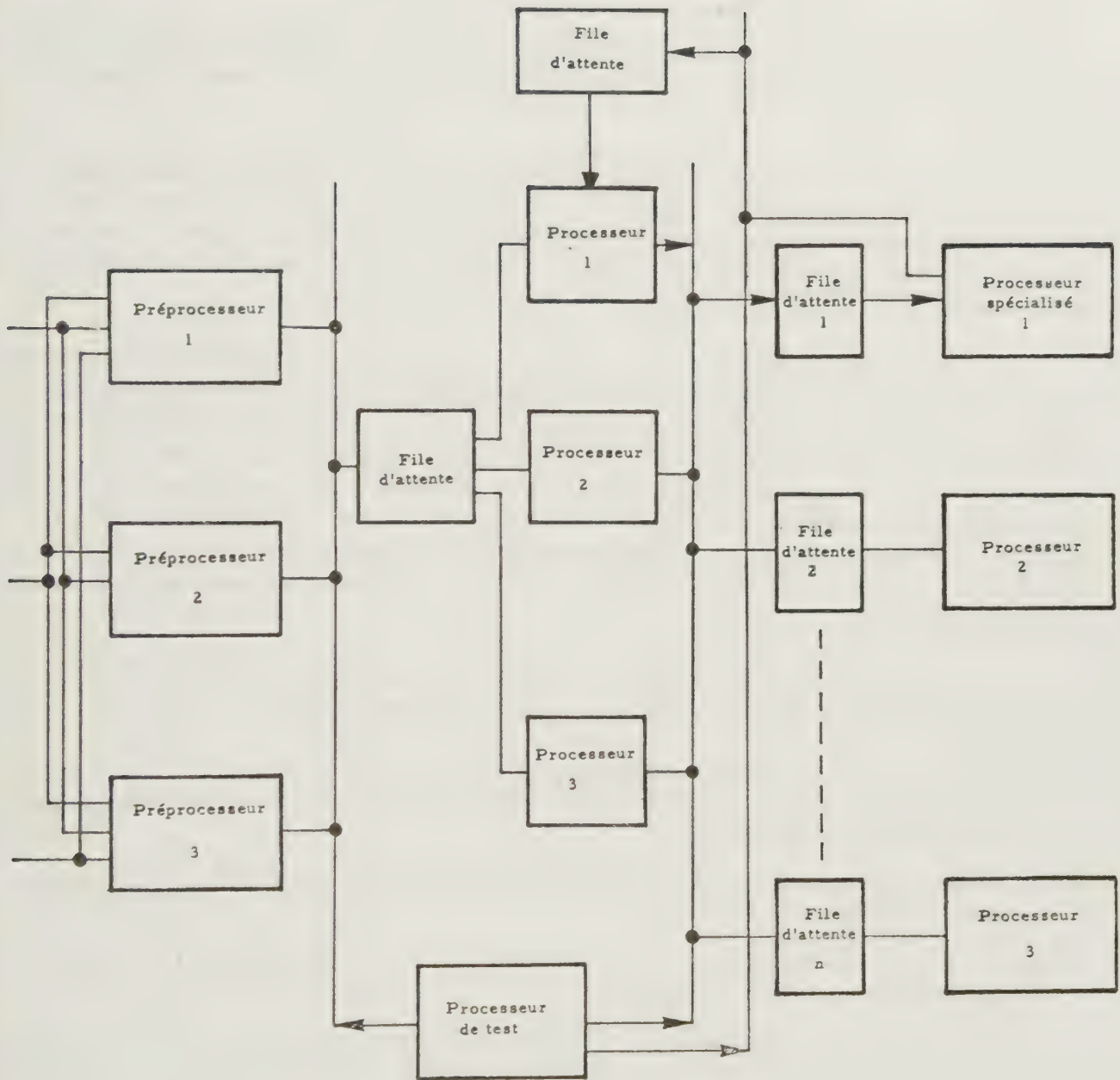
Ce document ainsi que celui concernant le logiciel décrivent une réalisation dont l'étude a débuté en 1973. A cette époque il n'existait sur le marché aucun microprocesseur et actuellement encore il est impossible de disposer d'un microprocesseur assez performant (compromis puissance - rapidité) pour pouvoir réaliser à lui seul l'Unité de Marquage et de Signalisation.

Il semble en effet qu'une structure à deux étages, pour ce qui concerne l'UMS soit la structure la plus appropriée pour résoudre le problème posé, le second étage pouvant être constitué maintenant par un microprocesseur rapide.

Par contre la structure des organes de commande, à trois étages, telle qu'elle est actuellement, pourrait être modifiée, de façon à supprimer totalement toutes les interruptions qui peuvent intervenir lors de l'établissement d'une communication, à l'exclusion bien sûr de celles intervenant du fait de défaut de la part du système.

On pourrait alors concevoir un organe de commande qui, tout en ayant trois étages, comprendrait, en fait de troisième étage plusieurs microprocesseurs, chacun d'eux étant spécialisé pour une tâche particulière.

La structure à laquelle on arriverait, représentée sur la figure ci-dessous, reprendrait les principes utilisés dans l'Unité de Marquage et de Signalisation, et exploiterait les indications fournies par cet ensemble pour piloter le ou les processeurs spécialisés choisis.



Cette structure est organisée autour de 2 bus . En entrée du commutateur on dispose de plusieurs préprocesseurs, chacun d'eux recevant en propre une partie des voies du réseau et ayant la possibilité, dans le cas où une panne est détectée à l'intérieur de lui-même, de dérouter ses voies vers d'autres préprocesseurs, de manière à avoir une sécurité dans le trafic traité.

Le fait d'utiliser en parallèle plusieurs préprocesseurs permet à ces derniers d'être moins rapides qu'un préprocesseur unique, donc moins coûteux.

Ces organes ont une fonction analogue à celle du préprocesseur dans la structure que nous avons décrite. Ils ont donc pour rôle d'orienter les organes de commande de niveaux supérieurs vers les traitements à dérouler. Ils permettent en particulier d'indiquer quel processeur spécialisé doit être activé pour traiter l'évènement qu'ils viennent de détecter.

Ils communiquent avec les processeurs du niveau 2 par l'intermédiaire d'une file d'attente. Ceux-ci viennent, lorsqu'ils disposent de temps disponible, prendre un message dans cette file d'attente. Ils réalisent alors un certain nombre de traitement sur ces messages et élaborent un message en direction d'un des processeurs spécialisés du niveau 3. Chacun de ces processeurs dispose d'une file d'attente pour stocker les messages qui lui parviennent en provenance des processeurs du niveau 2. Ils peuvent également communiquer avec ces derniers en leur envoyant des messages à travers une file d'attente.

Les processeurs du niveau 3 sont chacun spécialisés pour réaliser une tâche particulière. Parmi ces processeurs on peut citer :

- Celui qui gère la mémoire de masse (disque ou autre élément). Dans cette mémoire figurent les informations relatives aux abonnés ainsi que celles concernant l'état du réseau.
- Celui qui s'occupe d'établir des communications dans le cas des communications normales.
- Celui ou ceux chargés de l'établissement des communications lors de demandes de services spéciaux.
- Un processeur de test qui interroge périodiquement les différents organes du commutateur, de manière à détecter un organe en panne. Ce processeur doit avoir accès aux deux bus du commutateur.

Dans un tel commutateur une fois un chemin préprocesseur i - processeur j choisi, celui-ci sera mémorisé et utilisé durant toute la phase de signalisation.

La maquette décrite dans ce document pourrait constituer une partie de cet ensemble plus important. Elle a été réalisée dans le but de tester une telle structure.

Pour passer du stade maquette de faisabilité au stade de la réalisation d'un commutateur de données, les modifications à réaliser ne seraient que d'ordre matériel, les fonctions réalisées par les différents niveaux étant comparables dans les deux cas, ainsi d'ailleurs que les échanges entre ces niveaux.



BIBLIOGRAPHIE

- 1 - Les progrès de la commutation électronique dans le monde
P. LUCAS Commutation & Electronique n° 44, janvier 1974
- 2 - Transmissions numériques

F. PLATET L'Echo des recherches n° 71 janvier 1973
H. COURANT
J.P. PRIGENT
Y. MADIC
- 3 - Spécifications techniques et logiques concernant l'interface entre
le réseau de connexion du commutateur Hermès et son organe de
commande

G. LELARGE Documentation CNET/ITD/TDP/25
FTM 0423 juin 1974
- 4 - Additif à la spécification technique ITD/TDP/25 pour harmoniser
le matériel et le logiciel dans la maquette du commutateur Hermès
- 5 - Principe de base des systèmes de commutation temporelle intégrée
Structure et synchronisation des réseaux commutation électronique
Colloque international PARIS (28 mars - 2 avril 1966)

A. PINET
- 6 - Les problèmes de réseaux de connexion en commutation temporelle

F. TALLEGAS Commutation et Electronique n° 23
Octobre 1968
- 7 - Proposition pour l'architecture du Réseau HERMES

Note Technique Projet ITD/TDP/5 - 4 juillet 1972
- 8 - Définition des expériences menées à l'aide de la maquette de
commutateur HERMES

ITD/TDP/25 - Septembre 1974

- 9 - Etat d'avancement sur Réseau HERMES
Note Technique Projet ITD/TDP/21 - Mai 1974

- 10 - Maquette HERMES - L'Unité de Marquage et de Signalisation du commutateur de données HERMES
G. LELARGE Note Technique Projet ITD/TDP/22
Avril 1974

- 11 - L'Unité de Marquage et de Signalisation de la maquette de commutateur HERMES
G. LELARGE Note Technique Projet ITD/TDP/28 - Mars 1975

- 12 - Réseau de commutation numérique du type à multcadence par multiplex
MM. TEXIER et LAPEYRONNIE Brevet 74 43 116

- 13 - Micro-programming : An introduction and a view point
M. J. FLYNN et M. R.F. ROSIN EEE Transactions an
computers
Vol C-20, n°7 juillet 1971

- 14 -- Application of the Théory of Automata to minimization of micro-
programs
V.M. GLUSH HAR

- 15 - Livre vert du CCITT - Tome III (1972)
Transmissions de données

- 16 - Définition d'un micro-assembleur pour le T 1600 TELEMECANIQUE
Note Technique Projet J.P. GUENIN

A N N E X E S

- 1 - Format des messages échanges entre le processeur et l'unité centrale.
- 2 - Procédure de signalisation terminale.
- 3 - Procédure d'échanges utilisant le bus général.
- 4 - Schéma fonctionnel du préprocesseur.
- 5 - Schéma fonctionnel de la file d'attente FIFO.
- 6 - Structure des micro-instructions.
- 7 - Diagramme d'état X 21.
- 8 - Dimensionnement des files d'attente et tables utilisées dans la maquette.



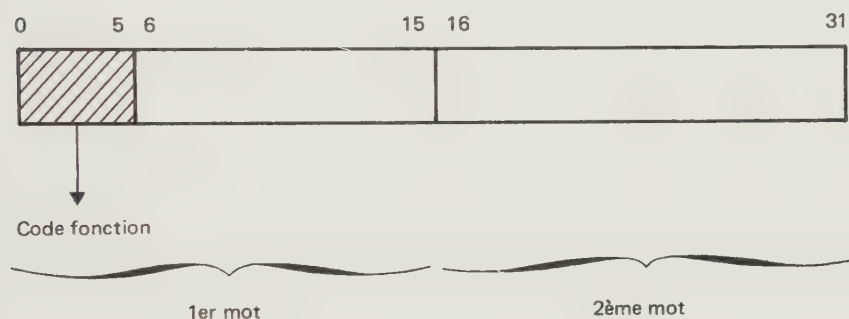
ANNEXE I

FORMAT DES MESSAGES ECHANGES ENTRE UMS ET UT

1 - GENERALITES

Le format du message élémentaire est de 32 e.b. La taille du mot de la mémoire vive de l'UT étant de 16 e.b., un message sera rangé dans l'une des files d'attente sous forme de deux mots mémoire.

D'une façon générale, chaque message comporte un code fonction sur 6 e.b. (d'où 64 possibilités) qui prennent la place des e.b. 0 à 5 du premier mot du message lu ou écrit.



Le jeu de message défini ci-après répond particulièrement à la gestion de la procédure de signalisation définie spécialement pour la maquette (qui est une approximation de l'avis X 21) il convient également à la gestion de la procédure Telex 18 et il peut être aisément étendu lors de l'adjonction de nouveaux services.

2 - Sens UMS vers UT

Le deuxième mot lu (e.b. 16 à 30) contient systématiquement l'adresse de la voie sur laquelle porte la commande.

Désignation	Code fonction (binaire)	Signification
Demande d'appel	000001	Un abonné vient d'émettre une demande d'appel - un micro enregistreur lui a été attribué dont le numéro est codé dans le champ des e.b. 6 à 14 au premier mot.
Fin de sélection	000010	L'abonné vient de terminer sa sélection. Il vient d'envoyer n caractères que l'UT trouvera dans l'enregistreur affecté à cet abonné et éventuellement dans un super-enregistreur. n est codé dans le champ des e.b. 6 à 15 du premier mot.
Confirmation d'appel	000011	L'abonné à qui le commutateur envoyait de façon continue un signal d'arrivée d'appel vient de répondre en émettant un caractère de confirmation d'appel.
Accusé de connexion	000100	Le message est envoyé de l'UMS vers l'UT après exécution d'un ordre de connexion de deux abonnés initialisé par celle-ci. Lors de l'émission de ce message, les deux abonnés sont déjà en communication. L'adresse de voie (e.b. 16 à 30) correspond à celle de l'abonné demandeur.
Demande de délibération	000101	Une demande de libération vient d'être reçue sur la voie considérée. L'UMS vient de lui affecter un micro-enregistreur dont le numéro est codé dans le champ d e.b. 6 à 15, elle est marquée mais reste dans l'état de communication.
Accusé de libération	000110	Ce message fait suite à un ordre de libération lancé par l'UT, il signifie que l'un des abonnés vient d'émettre un accusé de réception de libération.

Accusé de fin de réception d'un message demandeur	001101	L'abonné considéré a demandé une diffusion différée d'un message. Le message vient d'être émis et inscrit dans un super enregistreur (buffer) de la mémoire de l'UT.
Accusé de fin d'émission d'un message différé	001110	L'UT a précédemment demandé à l'UMS de transmettre à un abonné celui dont la voie est codée dans le champ d e.b. 16 à 30 un message différé, ceci a été exécuté et une demande de libération envoyée à l'abonné considéré. L'UT peut disposer du Buffer pour un autre usage et doit attendre la confirmation de libération de l'abonné.
Demande d'allocation d'un super-enregistreur	001111	L'UMS dispose en permanence d'un jeu de quelques super-enregistreurs (buffers de 128 mots chacun dans la mémoire vive de l'UT) qui lui servent à mémoriser les caractères de sélection d'un abonné lorsque leur nombre excède la capacité d'un simple enregistreur. Pour faire face à toute éventualité l'UMS doit toujours en avoir à sa disposition et peut pour cela en faire une demande à l'UT qui lui en alloue un à chaque fois.

Demande de libération avec rappel immédiat	000111	L'abonné considéré vient d'émettre une demande de libération mais qui sera suivie immédiatement de la demande d'un nouveau service. un micro-enregistreur vient d'être affecté à la voie qui sera réutilisée pour le traitement de la nouvelle demande, l'UT ne devra pas pour les mêmes raisons libérer son mini-enregistreur.
Alarme de voie	001000	Le préprocesseur vient de détecter une alarme sur la voie dont l'adresse est donnée dans le champ e.b. 16 à 30. Elle doit être immédiatement mise en état de faute par l'UT, et l'ordre doit en être transmis à l'UMS.
Alarme de muldex	001001	Le préprocesseur vient de détecter une alarme concernant le muldex dont le numéro est codé dans le champ (e.b.), chacune des voies de ce Muldex devra être mise en faute par l'UT, un ordre de mise en faute devra être donné à l'UMS pour chacune des voies.
Demande de changement d'état d'une voie	001010	Un abonné vient d'effectuer une demande de changement d'état. L'état demandé est codé dans le champ de.b. 6 à 14. Le code des différents états possibles est donné ci-dessous (numération binaire). Ligne libre : 01 Mode local : 10 Hors service: 11 Lors de l'émission de ce message l'UMS n'a pas encore modifié le mot d'état de la voie, elle en attend l'ordre de l'UT.
Alarme UMS	001011	Ce message ne comporte pas d'autre indication que le code fonction. Il signifie que l'UMS est hors d'état d'assurer son service.
Accusé de connexion générale	001100	L'abonné a initialisé une procédure de diffusion, l'UT a précédemment envoyé à l'UMS l'ordre de mise en connexion générale, c'est-à-dire de permettre au demandeur (celui dont l'adresse de voie est codée dans ce message) de commencer à émettre. L'ordre donné par l'UT vient d'être exécuté.

2 - Sens UT vers UMS :

Dans ce cas la structure au message est moins rigide, elle sera rappelée pour chaque fonction.

	Désignation	Code fonction (binaire)	Signification
0	File vide	000000	Ce message n'est pas une commande de l'UT, il est généré par le système de gestion de la file d'attente (ADM) pour indiquer à l'UMS que la file est vide. Il ne comporte aucune autre information utile.
1	Invitation à numéroté	000001	C'est un ordre donné à l'UMS d'envoyer sur la voie spécifiée dans le champ des e.b. 16 à 30, le caractère d'invitation à numéroté (ce caractère sera envoyé de façon continu jusqu'à la réception du caractère de fin de sélection. Le champ d'e.b. 6 à 15 contient le numéro du micro-enregistreur associé à la voie.
2	Accusé de réception du caractère de fin de sélection	000010	Ordre donné à l'UMS d'émettre sur la voie spécifiée dans le champ des e.b. 16 à 30 un caractère permanent d'accusé de réception du signe de fin de sélection. Le champ d e.b. 6 à 15 contient le numéro du micro-enregistreur associé à la voie.
3	Avis d'arrivée d'appel	000011	Ordre donné à l'UMS d'émettre sur la voie spécifiée dans le champ d e.b. 16 à 30 le caractère permanent ayant la signification "arrivée d'appel". Le champ d e.b. 6 à 15 contient le numéro du micro-enregistreur associée à la voie.
4	Progression d'appel	000100	Ordre donné à l'UMS d'émettre <u>une seule fois</u> le caractère de progression d'appel codé dans le champ d e.b. 16 à 23, sur la voie associée au micro-enregistreur dont le numéro est codé dans le champ d.e.b. 6 à 15.

5	Connexion	000101	Ordre de connexion (cas de la communication simple entre deux abonnés). Le message contient le numéro du micro-enregistreur associé à la communication (e.b. 6 à 15) et l'adresse de la voie du demandé (e.b. 16 à 30). L'UMS doit mettre les deux abonnés en état de communication inscrire dans le mot de commande de l'un l'adresse de voie de l'autre et réciproquement puis libérer le micro-enregistreur et renvoyer un accusé de connexion à l'UT
6	Libération	000110	Cet ordre fait suite à une demande de libération d'un abonné. L'adresse de la voie de cet abonné est inscrite dans le micro-enregistreur dont le numéro est codé dans le champ d e.b. 6 à 15 et l'adresse de voie de son correspondant est lu dans le champ d e.b. 16 à 30. L'UMS entamera la procédure de libération et libérera le micro-enregistreur lorsque les deux voies seront revenues à l'état ligne libre, un accusé de réception de libération sera envoyé à l'UT à chacune de ces transitions.
7	Changement d'état d'un abonné	000111	Le message comporte l'adresse de voie de l'abonné (e.b. 16 à 30) et le nouvel état de la voie (e.b. 6 à 14) codé comme suit : Ligne libre : 01 Mode local : 10 Hors service : 11 Réseau hors service: 100
8	Connexion diffusion récepteur	001000	Cet ordre est utilisé dans le cas de la diffusion d'un message émis par un abonné vers n autres. L'un de ces n abonnés a reçu un signal d'arrivée d'appel et envoyé de façon permanente un signal de confirmation. L'UT vient de décider de la faire passer dans l'état de réception-diffusion. La liaison ainsi établie est unilatérale. Les caractères émis par l'abonné diffuseur par l'UMS avant de parvenir aux récepteurs. L'adresse de la voie de l'abonné est codée dans le message (e.b. 16 à 30).

9	Connexion diffusion Emetteur	001001	Lorsque un abonné demande la diffusion d'un message vers n autres l'UT met d'abord ces n abonnés dans l'état connexion diffusion Récepteur puis donne l'ordre à l'UMS de permettre au demandeur d'émettre son message. Ce message comprend l'adresse de voie du demandeur (e.b. 16 à 30) et le numéro du micro-enregistreur associé à l'opération (e.b. 6 à 15).
10	Libération Diffusion Récepteur	001010	Lorsque la diffusion d'un message est terminée l'UT donne l'ordre à l'UMS de libérer chacun des récepteurs. Le message de libération comprend l'adresse de voie de l'abonné à libérer (e.b. 16 à 30).
11	Libération d'un micro- enregistreur	001011	L'UMS peut à tout moment déclencher une procédure de défense qui consiste en la libération de ressources indûment mobilisées. Ainsi l'UT peut demander la libération d'un micro-enregistreur qu'elle désigne par son numéro (e.h. 6 à 15).
12	Allocation d'un super enregistreur	001100	Ce message est consécutif à une demande d'allocation d'un super enregistreur formulée par l'UMS. Le super enregistreur est désigné par son numéro (e.b. 6 à 15), l'algorithme qui permet à partir du numéro de déterminer l'adresse du premier mot de la zone mémoire correspondante est défini au moment de l'initialisation.
13	Emission différée d'un message	001101	Dans le cas de remise différée d'un message l'UMS doit connaître l'adresse de voie de l'abonné vers qui elle doit envoyer le message (e.b. 16 à 30) et le numéro du micro-enregistreur associé à l'opération (e.b. 6 à 15) dans lequel elle a préalablement inscrit l'adresse au début de la zone mémoire contenant le message.
14	Connexion différée	001110	Lorsqu'un abonné demande le service de remise différée d'un message, l'UT lui alloue une zone mémoire pour y inscrire son message. La mise en connexion consiste dans ce cas à demander à l'UMS de lire ce message et l'inscrire dans la zone mémoire.

			Puisque la voie du demandeur est déjà marquée il suffit à l'UMS de connaître le numéro de son micro-enregistreur (e.b. 6 à 16). L'adresse de début de la zone mémoire peut être donnée dans le champ d e.b. 16 à 30).
15	Mémorisation d'appel	001111	Lorsqu'un abonné demande un appel avec mémorisation éventuelle et que son correspondant n'est pas libre, on place le demandeur dans un état d'appel mémorisé et l'on conserve le micro enregistreur qui lui était réservé. Le message comprend le numéro du microenregistreur (e.b. 6 à 15) et l'adresse de voie du futur correspondant (e.b. 15 à 30).

ANNEXE II

PROCEDURE DE SIGNALISATION TERMINALE

1 - SIGNALISATION A L'INTERFACE D'ABONNE

1.1 - Généralités :

a) Code :

Tous les signaux sont des caractères de l'IA5 avec bit d'impairité, sauf $\hat{0}$ (0000 0000) et $\hat{1}$ (1111 1111).

b) Utilisation des fils de contrôle :

Le fil "contrôle" est à l'état OFF pendant les états permanents du terminal (Repos, Local, Hors Service ...). Il devient ON à la demande d'appel et redevient OFF à libération ou bien au rappel immédiat du commutateur.

Le fil "Indication" est ON pendant la phase "données", OFF le reste du temps.

1.2 - Etats permanents :

	DE	DR	Contrôle	Indication
Repos (ligne libre)	$\hat{0}$	$\hat{0}$	OFF	OFF
Mode local	1/11	-	OFF	-
Hors service	$\hat{1}$	-	OFF	-
Réseau hors service	-	$\hat{1}$	-	OFF

1.3 - Sélection :

1.3.1. Forme générale :

- Début d'en tête : & (2/6)
- Service spécial : 1 ou 2 caractères alphanumériques
- Séparateur de services : , (2/12)
- Fin d'en tête : / (2/15)
- Adresse : 1 à 12 caractères alphanumériques.

- Séparateur d'adresses : , 2/12
- Fin de sélection : + (2/11)
- Caractère de bourrage : SYN (1/6)

1.3.2. Forme simplifiée : appel sans service spécial

- Adresse : 1 à 12 caractères alphanumériques
- Séparateur : , (2/12)
- Fin de sélection : + (2/11)

S'il y a plusieurs adresses, il y a éventuellement autant de caractères de progression d'appel que d'adresses.

Si l'appel ne comporte qu'une adresse il n'y a évidemment pas de séparateur.

1.3.3. Adresse :

a) Adresse complète :

Pour la communication locale : 1 à 5 chiffres.

b) Adresse abrégée :

Elle est définie par l'utilisateur et comporte 1 ou 2 chiffres (100 numéros par utilisateur). Elle s'utilise précédée du préfixe A comme une adresse normale : Exemple :

A12 équivalent à 51982

1.3.4. Services spéciaux :

a) Diffusion :

S'obtient directement par la présence de plusieurs adresses. La communication est unilatérale (demandeur vers demandés). Il y a autant de caractères de progression d'appel que d'adresses

b) Numérotation abrégée

Pour définir des numéros abrégés :

&0/numéro abrégé, adresse complète, num. ab., ad. comp., ...+

numéro abrégé : 1 ou 2 chiffres.

Les adresses abrégées ainsi définies s'utilisent n'importe où, en remplacement d'une adresse complète, précédées du préfixe A.

Exemple : après la commande &0/7, 21513 +
A7 est équivalent à 21513.

c) Création d'un réseau fermé :

Une station maîtresse, si sa discrimination le permet, peut placer une ou plusieurs stations en état d'esclaves. C'est-à-dire que ces stations deviennent inaccessibles à tout autre utilisateur et qu'elles fonctionnent en appel direct (hot-line) vers la station maîtresse.

Simultanément la station maîtresse définit des numéros abrégés pour ses esclaves.

&1/numéro abrégé, adresse complète, num. ab., ad. comp., ...+

d) Affranchissement des esclaves :

Permet de rendre sa liberté à une station définie comme esclave. &2/adresse, ad.,... +

e) Transfert d'appel :

Permet de transférer les appels arrivants vers une autre station. Un seul transfert est admis.

& 3/adresse +

f) Annulation d'un transfert :

& 4+

g) Remise différée :

Le commutateur enregistre le message et le distribue ensuite à toutes les stations adressées, lorsque celle-ci deviennent libres.

& 5/adresse, ad.,... +

Cette requête est suivie d'une connexion et le commutateur enregistre toutes les données émises par le terminal (sauf "SYN") jusqu'à l'émission de deux C.R. consécutifs.

S'il n'y a pas d'erreurs le commutateur répond "OK" et libère.

S'il y a des erreurs le commutateur répond "ER" et le terminal peut recommencer.

h) Mémorisation de l'appel

Si l'appel n'aboutit pas immédiatement le commutateur l'enregistre et rappellera demandeur et demandé lorsque les deux seront libres. Cette procédure n'est possible qu'avec un seul demandé.

1.4 - Caractères de progression d'appel :

Il est constitué d'un caractère alphanumérique.

- 0 demandé libre
- 1 demandé occupé
- 2 demandé hors service
- 3 demandé en mode local
- 4 réseau incapable d'acheminer l'appel
- 5 erreur de parité
- 6 syntaxe de la sélection incorrecte
- 7 requête interdire au demandeur
- 8 requête satisfaite (lorsque celle-ci ne conduit pas à une connexion)

Le caractère 0 est suivi d'une connexion.

Les caractères 1 à 8 sont suivis d'une libération par le réseau.

1.5.- Collision d'appel :

Le terminal choisit d'imposer son appel ou d'accepter l'appel arrivant.

Pour accepter l'appel arrivant il répond normalement (contrôle = ON ; DE = "ACK").

Pour imposer son appel il maintient sa demande d'appel (contrôle = ON ; DE = "SYN") jusqu'à réception de l'invitation à numéroté.

1.6 - Rappel immédiat :

Afin d'abréger la signalisation un terminal peut libérer une communication en faisant simultanément une nouvelle demande d'appel.

Pour cela, au lieu d'émettre le signal de libération (OFF - 0) il émet OFF - "ETX"(0/3) et le commutateur répond directement par l'invitation à numéroté ("+") ; le terminal commence la sélection avec contrôle ON.

En dehors de ce cas particulier, un terminal ne peut demander un appel qu'à partir de l'état "ligne libre".

1.7 - Appel direct (Hot-line)

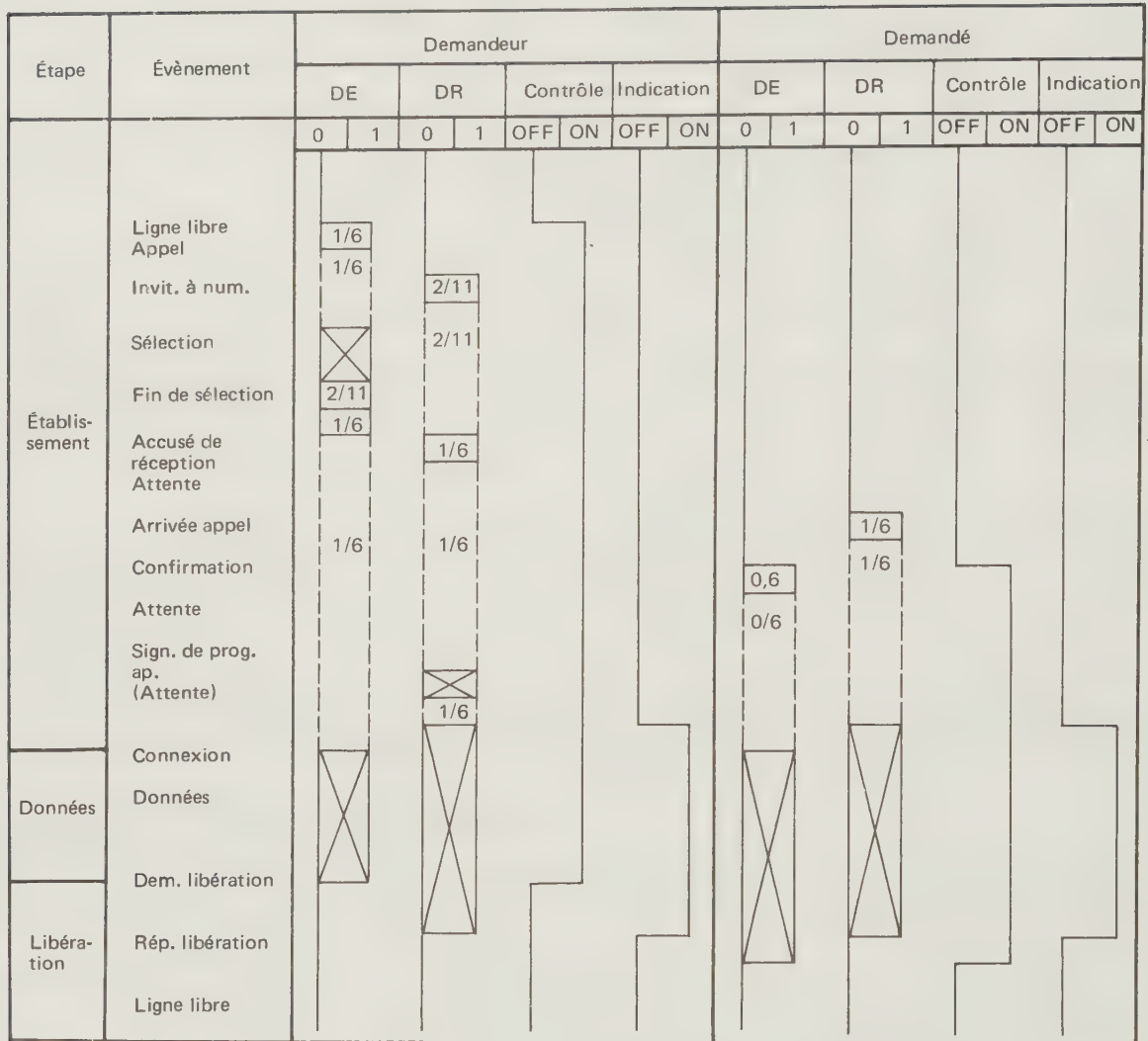
Cette discrimination ne permet à un terminal d'obtenir qu'un seul correspondant. Sa demande d'appel est directement suivie du signal de progression d'appel (facultatif) et du signal de connexion s'il y a lieu.

1.8 - Délai de garde :

Responsable	Début	Fin	Durée en caractères	Action a l'expiration du délai
Terminal	demande d'appel	Invitation à numéroté	500	Libération
Réseau	Invitation à numéroté	Fin de sélection	5000	Libération
Terminal	Fin de sélection	Signal de connexion ou de libération	500	Libération
Réseau	Libération par le réseau	Libération par le terminal	50	Mise en état hors service du terminal
Terminal	Libération par le terminal	Libération par le réseau	500	Néant
Réseau	Arrivée appel	Confirmation	50	Libération sauf en cas de collision d'appel : prise en compte de l'appel
Terminal	Confirmation	Connexion	500	Libération
Terminal	Libération	Demande d'appel	50 (Mini)	Le terminal est autorisé à lancer un nouvel appel

1.9. Diagramme de signalisation

a) Appel avec sélection :



- Les pointillés indiquent des caractères répétés un nombre quelconque de fois (éventuellement zéro).
- Le diagramme représente le cas où le demandeur demande aussi la libération.

1.10 - Signal de connexion :

Il est défini par la transition du fil indication de OFF à ON.

Il signifie que toutes les données reçues après lui proviennent du correspondant et que toutes les données émises après lui seront reçues par le correspondant après réception du signal de connexion.

Les premières données reçues après le signal peuvent avoir été émises par le correspondant avant la réception du signal de connexion.

k) Convention logique :

OFF = 1 ON = 0

2 - DESCRIPTION DE L'INTERFACE ELECTRIQUE

a) Liste des circuits :

L'interface comporte 9 circuits affectés aux broches d'un connecteur 25 points.

Terre de protection	broche 1		
Emission de données	broche 2	←	
Réception de données	broche 3	→	
Terre de signalisation (réception)	broche 7	→	
Indication	broche 12		(ETD)
Contrôle	broche 11	←	
Horloge bit	broche 15	→	
Horloge caractère	broche 21	→	
Terre de signalisation (émission)	broche 25	←	

Le connecteur est de type mâle du côté terminal.

b) Caractéristiques électriques

Conformes au document ISO 796

Emetteur : Impédance interne : $R_i \leq 50 \Omega$

Tension différentielle en circuit ouvert :
 $2 V \leq V_O \leq 3 V$

Courant de court-circuit : $I_{cc} \leq 150 \text{ mA}$

Tension sur 50 : $|V| \geq 1 V$

Courant pour 0,5 V sur les sorties, alimentation coupée : $|I| \leq 100 \mu A$

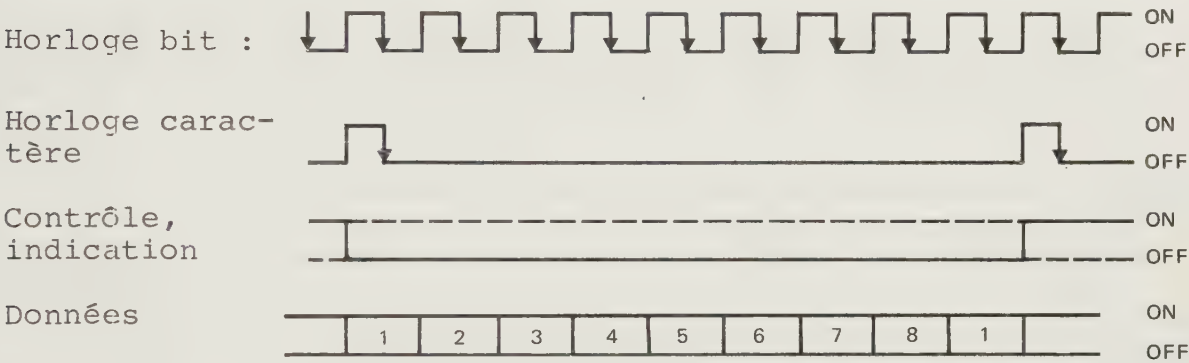
Temps de montée (0,1 à 0,9 V) : $t_r \leq 0,1 \times \text{temps bit}$

Récepteur : Impédance d'entrée $\geq 4 K$

c) Convention logique :

ON et 0 logique $\longrightarrow + 2,5 \text{ volts}$
OFF et 1 logique $\longrightarrow - 2,5 \text{ volts}$ sur le fil actif

d) Diagramme des temps



Les circuits Contrôle et Indication sont échantillonnés respectivement par l'ETL et le Terminal sur la transition ON à OFF de l'horloge caractère. Leur valeur à cet instant est relative au caractère dont le premier bit est transmis à cet instant.



ANNEXE 3

PROCEDURE D'ECHANGES UTILISANT LE BUS GENERAL

Le bus général est un bus bidirectionnel transférant des informations, en parallèle, sur 16 e.b.. Sur ce bus peuvent être connectés 16 esclaves, repérés par leurs adresses BNAES 0-3. Le sens des échanges est spécifiée par le signal BNSOR. Avec chaque esclaves, et dans chacun des deux sens, 16 fonctions différentes peuvent être exécutées (BNFCT 0-3).

Enfin le signal BNSTB valide les informations émises par l'unité de traitement lorsqu'il passe du niveau 1 au niveau 0.

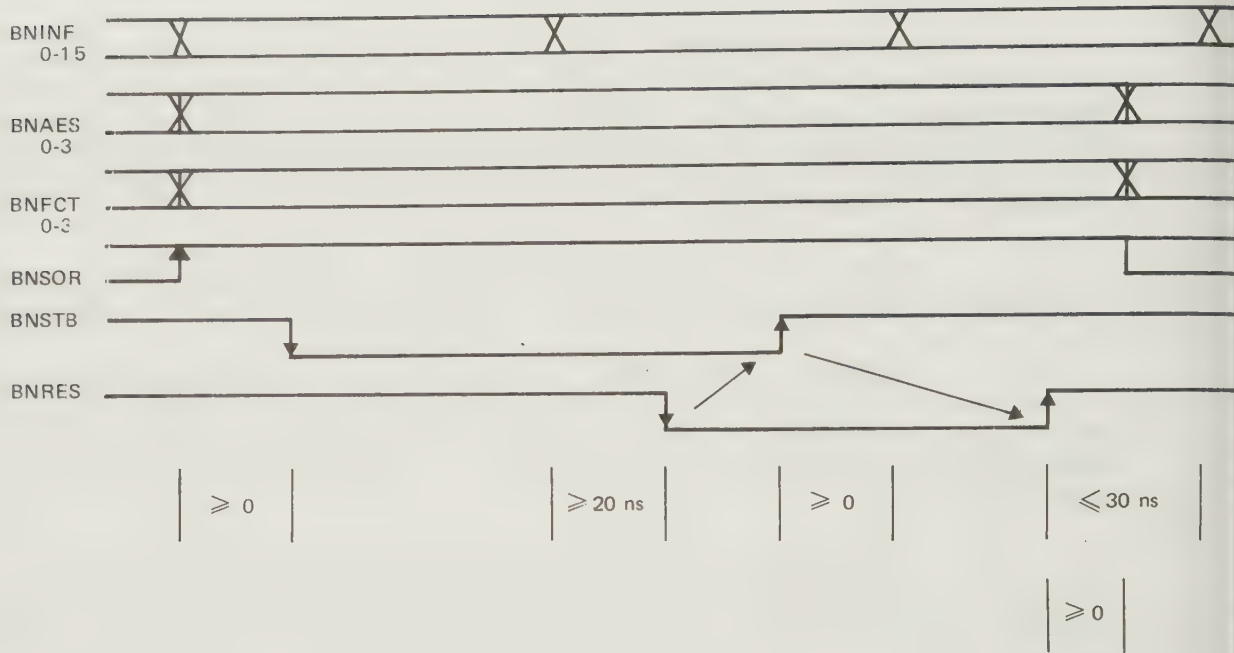
Lorsque l'esclave a exécuté la fonction demandée, il l'indique à l'unité de traitement par la mise à zéro du signal BNRES qui commande alors la remontée du signal BNSTB, celle-ci commandant elle-même la remontée de BNRES qui indique la fin de l'échange.

Plusieurs éléments différents pouvant émettre sur ce bus, celui-ci sera réalisé en utilisant une logique "Tri state" : un élément non sollicité envoie sur le bus un état "haute impédance" et ne modifie donc pas les signaux émis par l'élément activé.

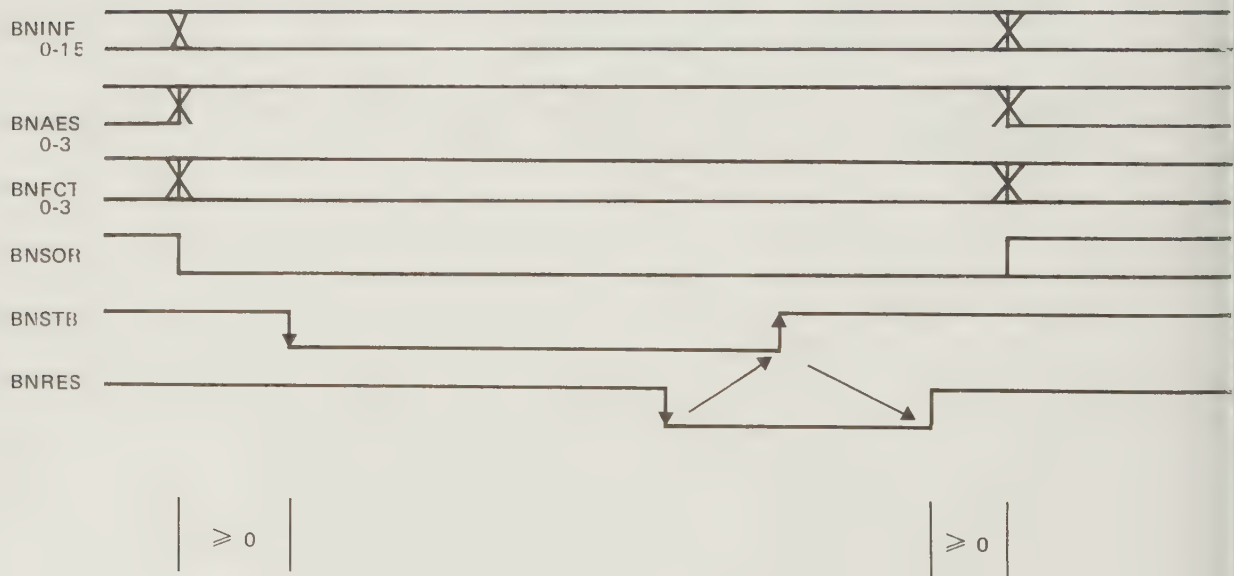
Le schéma ci-dessous représente les deux types d'échanges possible :

- . entrée, c'est-à-dire informations envoyées par l'esclave en direction de l'unité de traitement.
- . sortie, c'est-à-dire informations envoyées par l'unité de traitement en direction de l'esclave.

Entrée

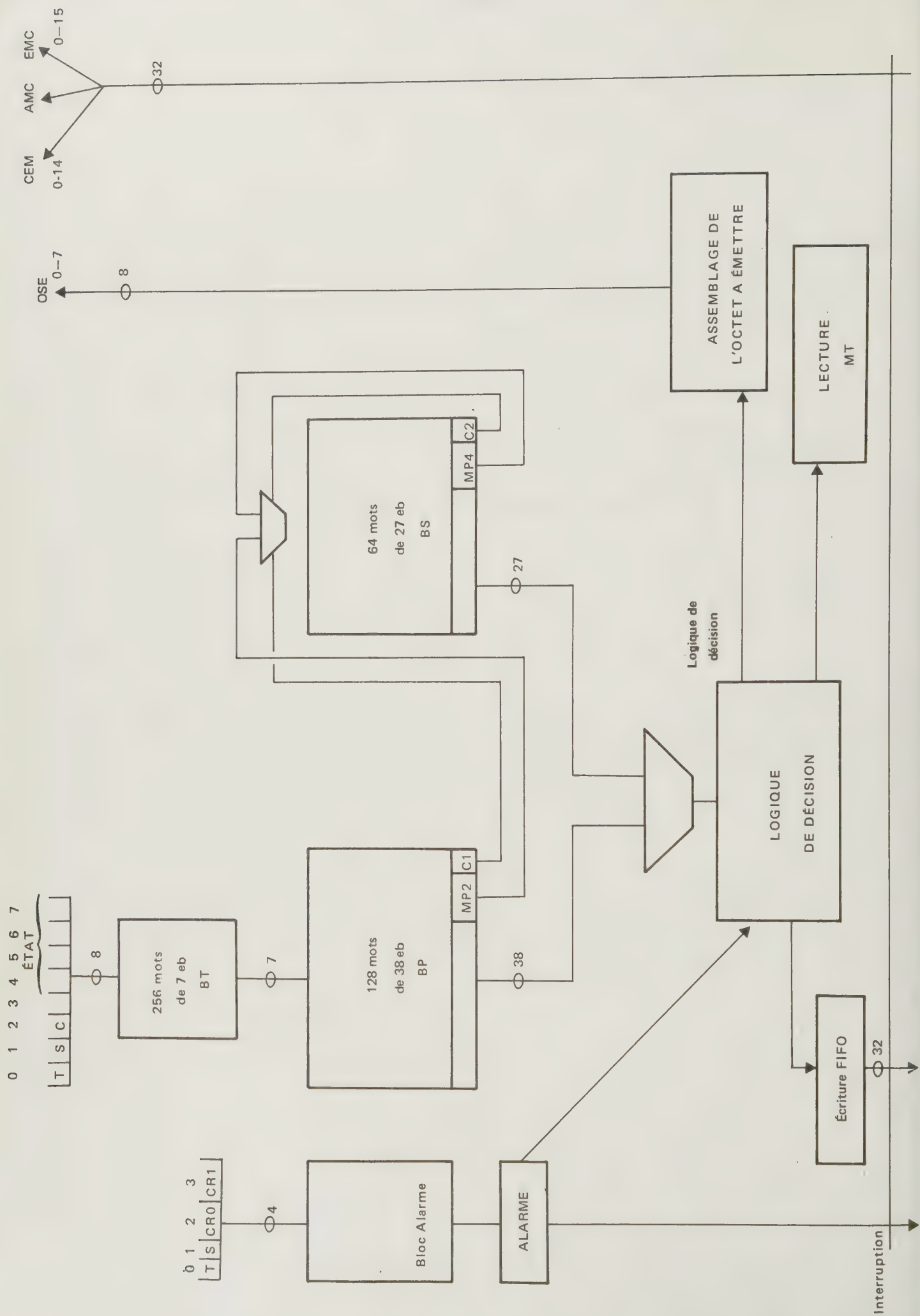


Sortie



ANNEXE 4

SCHEMA FONCTIONNEL DU PREPROCESSEUR



ANNEXE 5

SCHEMA FONCTIONNEL DE LA FIFO

La FIFO en tant que tampon entre le préprocesseur et le processeur micro-programmé est comparable à une ressource commune à deux éléments indépendants.

Pour gérer les conflits résultant de demandes simultanées de la part du préprocesseur et du processeur, la logique de la FIFO dispose d'une horloge de test qui, périodiquement, vient tester si les bascules de demande d'écriture ECRIF (de la part du préprocesseur) et de demande de lecture LECTF (de la part du processeur) ont été chargées.

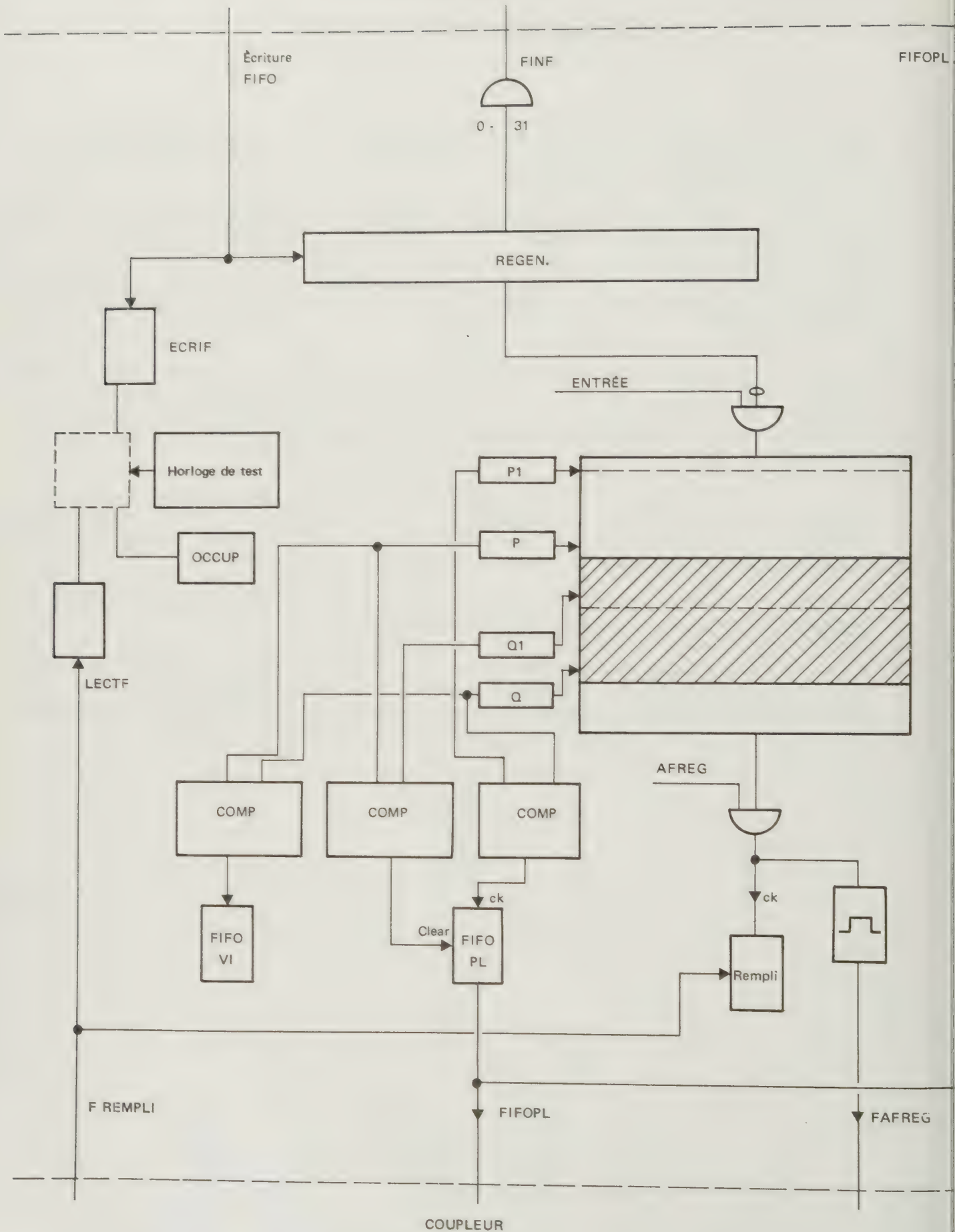
Lorsqu'une de ces bascules est chargée, la bascule d'occupation OCCUP est affichée et le traitement correspondant est réalisée, la bascule OCCUP interdisant l'exécution d'un autre traitement. Naturellement la priorité est accordée à l'écriture par rapport à la lecture.

A l'issue du traitement d'écriture, un nouveau mot est inscrit dans la file d'attente et les pointeurs P et Pl sont incrémentés. A l'issue du traitement de lecture un mot est envoyé en direction du processeur, via le coupleur.

Le mot lu est inscrit dans le coupleur lorsque celui-ci reçoit le signal FAFREG (affichage registre).

L'indication file pleine : FIFO PL est envoyée d'une part au coupleur pour que celui-ci génère une interruption dans le processeur microprogrammé, d'autre part au préprocesseur pour que celui-ci filtre les informations qu'il envoie à la FIFO.

LOGIQUE DE DÉCISION



ANNEXE 6

STRUCTURE DES MICRO-INSTRUCTIONS

=====

[illegible]

REMARQUE ①

POUR AVOIR M29 = 1, CODE SYMBOLE : (RSP)
POUR AVOIR M29 = 1, IL SUFFIT DE DONNER
UNE ADRESSE DE RUPTURE, DANS
L'INSTRUCTION E/S.
POUR M29 = 1, IL FAUT AUSSI CODER UNE ADRESSE
DE RUPTURE : (+1)

REMARQUE ②	ADRESSE ESCLAVE	M21 A 24	M	RCPT
------------	--------------------	-------------	---	------

REMARQUE ⑧

EN ENTREE :	M18 = 0	ZERO	REG	REG
	INFOBUS	✓		
	M18 = 1	(REG)	REG	REG
	(YOP)			
EN SORTIE :	M18 = 0	(REG)	ZERO	REG
	INFOBUS	✓		
	M18 = 1	(REG)	INFOBUS	REG

ANNEXE 7

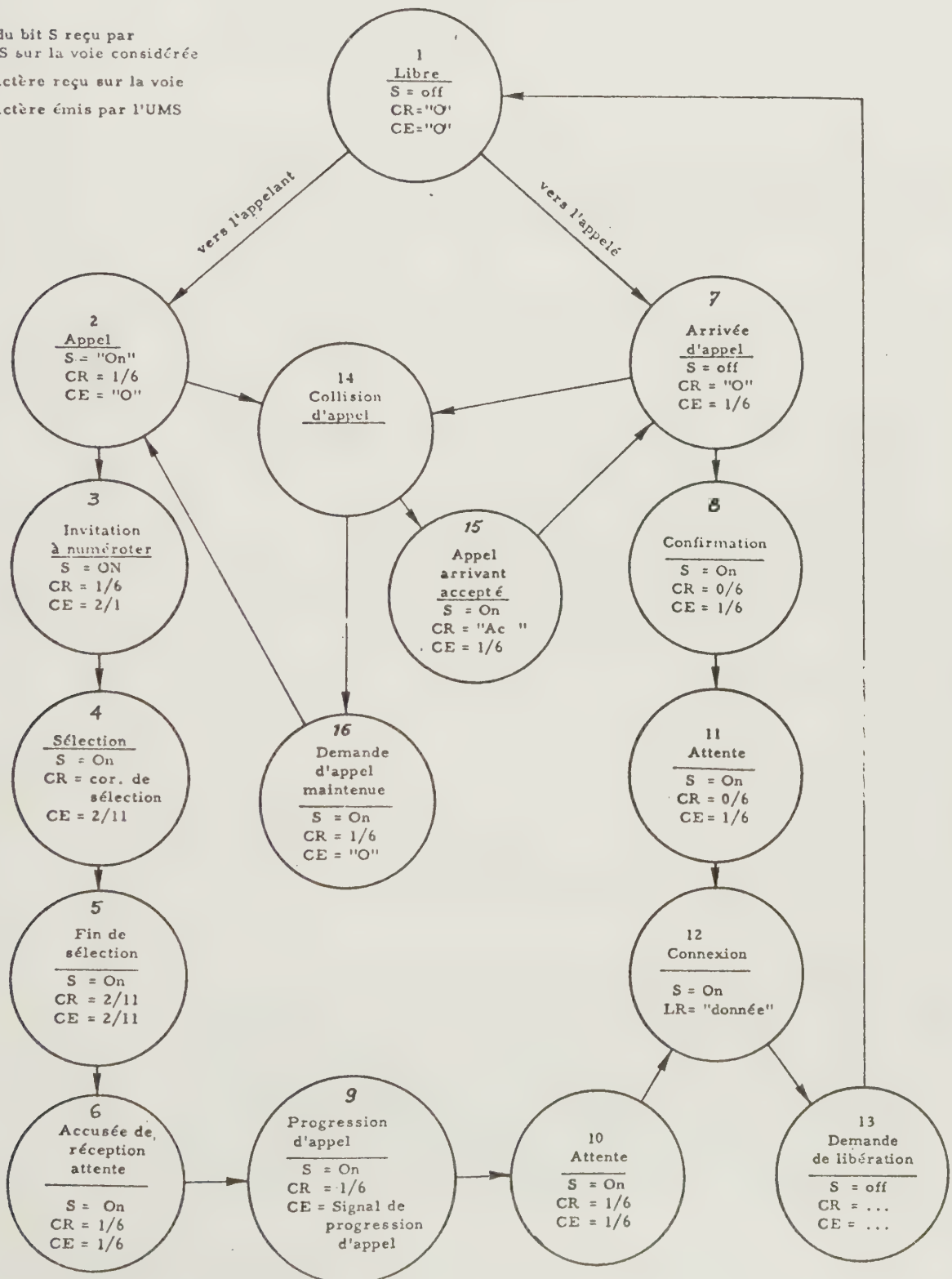
DIAGRAMME D'ETAT DU SCHEMA DE SIGNALISATION

Légende :

S = état du bit S reçu par
l'UMS sur la voie considérée

CR = caractère reçu sur la voie

CE = caractère émis par l'UMS





ANNEXE 8

Dimensionnement des files d'attente et tables utilisées dans la maquette.

La maquette de commutateur dont nous nous occupons actuellement est réalisée pour pouvoir, dans un premier temps, traiter 640 voies à 2400 bits par seconde et 5120 voies telex à 50 bauds, le débit sur ces dernières étant de 75 bits par seconde.

La fréquence mot adoptée sur le bus qui transmet les informations du réseau de connexion en direction des organes de commande est de 1,024 MHz. Un mot sur ce bus correspond notamment à un octet reçu à l'entrée du réseau de connexion.

Sur ce bus, les octets émis sur les différentes voies arrivent à la cadence de ces voies, c'est à dire :

voie à 9600 b/s	1 octet toutes les 625 μ s
voie à 2400 b/s	1 octet toutes les 2,5 ms
voie à 75 b/s	1 octet toutes les 80 ms

La capacité maximum envisageable pour la maquette correspond au nombre de voies indiquées dans le tableau ci-dessous, ou à toute combinaison hétérogène de ces voies.

Rapidité de la voie	Nombre de voies
9600 bits/s	640
2400 bits/s	2 560
Telex 50 bds à 75 b/s	81 920

Pour dimensionner les principales tables et files d'attente, on prendra comme hypothèse qu'à un instant quelconque 2% des voies sont en phase de signalisation, c'est à dire en transaction avec le central. Cette hypothèse est prise par analogie avec les valeurs utilisées pour les commutateurs téléphoniques, aucune valeur ne pouvant actuellement être avancée en ce qui concerne la commutation de données.

Pour le nombre d'abonnés total, nous prendrons les hypothèses choisies pour le réseau de connexion, c'est à dire 640 voies à 2400 bits par seconde et 5120 voies télex à 50 bands. C'est à dire environ 6000 abonnés.

Dans ce cas, le nombre d'abonnés en phase de signalisation à un instant donné sera, d'après les hypothèses citées plus haut de $6000 \times 2\%$, c'est à dire 120.

En supposant que le nombre d'appels à un instant quelconque suit une loi de Poisson, le nombre nécessaire de micro enregistreurs utilisés pour stocker les informations relatives aux communications en cours d'établissement sera choisi tel qu'il n'ait qu'une probabilité très faible d'être dépassée (par exemple 0,1%). Ceci nous conduit alors à prendre au minimum 160 micro enregistreurs. La taille de la mémoire de travail minimum peut alors être la suivante :

160 x 8 mots = 1280 mots : zone réservée aux micro enregistreurs.

1024 mots : zone réservée à la gestion de la pile des micro enregistreurs.

En fait, on prendra comme taille de la mémoire de travail 3k mots se décomposant de la manière suivante :

- . 1k mots utilisé pour la gestion de la pile des micro enregistreurs.
- . 2k mots répartis en 256 micro enregistreurs de 8 mots.

Dans la structure à trois niveaux des organes de commande, deux sortes de blocage peuvent exister : les blocages relatifs à l'un de ces organes et les blocages relatifs aux liaisons entre ces organes.

Blocages dus à l'un des trois organes de commande

Le préprocesseur exécute son travail en un temps inférieur à 500 nanosecondes.

Cette durée peut être décomposée de la manière suivante :

- Lecture du bloc transcordeur	}	
- Lecture du bloc primaire	}	70 ns
- n lectures du bloc secondaire		n 70 ns
- travail de la logique de décision		150 ns
		220 + n 70

dans la majorité des cas $n = 0,1$ ou 2 .

Aucun blocage ne peut avoir pour cause le préprocesseur.

Exécutant son travail en moins de 500 ns, cela signifie que le préprocesseur pourrait être utilisé avec un réseau de connexion de capacité double, les informations n'arrivant plus toutes les micro secondes, mais toutes les 500 nanosecondes.

Le processeur micro programmé

Les différents micro programmes n'étant pas écrits à l'heure actuelle, il paraît difficile d'évaluer précisément la charge du processeur. On peut cependant considérer que les différents micro programmes comprendront environ 60 micro instructions, c'est à dire, auront une durée moyenne de $60 \times 250 \text{ ns} = 15$ micro secondes.

En plus de ces programmes, le moniteur du processeur micro programmé doit dérouler un certain nombre de micro instructions (exploration des files d'attente par exemple). Si l'on veut répartir ces tâches sur les différents programmes relatifs aux abonnés, on arrive à une taille d'environ 80 micro instructions pour les micro programmes type, c'est à dire à une durée de $80 \times 250 \text{ ns} = 20$ micro-secondes.

La durée entre deux intervalles de temps successifs sur une voie à 2400 b/s étant égale à 2.5 ms, le nombre maximum de traitement est alors :

$$\frac{2500}{20} = 125.$$

Or, durant ce laps de temps, les différents intervalles de temps ont été utilisés dans le cas de la maquette pour

. 640 voies à 2400 b/s

$$. 5120 \cdot \frac{2,5}{80} = 160 \text{ voies téléx.}$$

Si l'on considère que 2% des abonnés sont en transaction avec les organes de commande, le nombre de traitements moyens à exécuter durant ce laps de temps sera

$(640 + 160) \cdot 0.02 = 16$. Il y a donc une latitude importante pour le travail de cet organe. Aucun blocage n'est donc à craindre de la part de cet organe.

Les traitements des messages, en provenance de l'Unité Centrale peuvent donc être aussi réalisés, sans problème de temps particulier.

L'unité centrale

Il est actuellement très difficile d'évaluer la durée des traitements réalisés dans cet organe. On peut cependant estimer que l'établissement d'une communication nécessitera le déroulement d'environ cinq programmes, chacun d'eux comportant en moyenne 200 instructions de durée 4 à 5 micro-secondes. Ceci correspond donc à une durée inférieure ou égale à 5 ms.

En outre, l'établissement de communications nécessitera deux lectures disques, c'est à dire deux fois 15 ms. Le disque utilisé dispose d'un accès direct mémoire et travaille en liaison avec l'unité de traitement (UT) par demande d'interruptions. L'acquisition de données en provenance du disque nécessitera donc une sauvegarde de contexte ainsi que différentes opérations. Nous pouvons évaluer leur durée à moins de 500 micro-secondes, ce qui pour l'ensemble des traitements réalisés par l'UT lors de l'établissement d'une communication, nous conduit à une durée ne devant pas, en principe, excéder $5 + 2 \times 0,5 = 6$ millisecondes.

Si un blocage a lieu, du fait des organes de commande, celui-ci sera dû à l'unité centrale. Il faudra donc pouvoir détecter le plus rapidement possible lorsque un tel blocage sera sur le point de se produire. Pour celà, l'unité centrale, avant de prendre en charge un nouvel appel arrivant, testera si son taux de charge a atteint un niveau critique ou non. Si oui, le nouvel appel ne sera pas pris en compte, l'invitation à numéroté ne sera pas renvoyée tant que la charge de l'unité centrale ne sera pas revenue à un niveau acceptable.

Blocages dûs aux files d'attente entre les
organes de commande

File d'attente préprocesseur-processeur

Nous avons vue que le processeur pouvait traiter en moyenne 125 messages durant 2.5 ms. Pour qu'il n'y ait pas de blocage dû à la file d'attente, si le processeur travaille à sa vitesse maximum, il faudra qu'elle puisse stocker plus de 125 mots.

On pourra supposer, en première approximation, que le nombre d'appels arrivant durant un certain temps suit une loi de Poisson. Pour dimensionner la file d'attente, on recherchera une capacité qui soit telle qu'elle n'ait qu'une probabilité très faible d'être dépassée. Si l'on prend une loi de Poisson de paramètres $m = 125$ et que l'on cherche la valeur qui n'est dépassée que durant 0,1% du temps, on arrive à 170 environ.

On prendra comme taille 256 mots, en sachant que ceci pourra être changé sans difficulté.

File d'attente processeur → unité centrale

Lors de l'établissement d'une communication, le processeur doit dérouler une dizaine de programmes, chacun d'eux ayant une durée moyenne de 20 micro-secondes. L'unité centrale, elle, doit en dérouler quatre ou cinq d'une durée d'environ 1 milliseconde. Elle doit en plus, lancer des ordres de lecture disque, celle-ci durant 15 ms en moyenne. Le rapport entre le temps de traitement dans chacun de ces organes, pour l'établissement d'une communication est de l'ordre de

$$\frac{6.10^3}{20.10} = 30$$

A un instant donné 120 abonnés peuvent être en phase de signalisation. Sur ces 120 abonnés tous ne sont pas à cet instant en train d'envoyer un message à l'UC.

Si l'on prend comme exemple une signalisation à 5 chiffres (cas choisi pour les abonnés locaux dans le plan de numérotation arrêté pour la maquette), alors que le nombre de messages émis dans la file d'attente préprocesseur-processeur est au minimum de 8 (appel, 5 caractères de numérotation, fin de numérotation, confirmation d'appel), le nombre de messages émis dans la file d'attente processeur-unité centrale, n'est que de 3 (appel, fin de numérotation, confirmation d'appel). On pourra donc pour dimensionner cette file d'attente multiplier par un coefficient de l'ordre de $\frac{1}{2}$ la taille de la file d'attente

préprocesseur-processeur et ainsi, obtenir une taille possible pour la file d'attente dont on s'occupe ici.

Ceci nous conduit alors à une file d'attente de 128 articles. Nous avons vu dans le chapitre IV.2 que chaque article de cette file comprenait deux mots de 16 e.b., la file d'attente processeur-unité centrale sera donc dimensionnée à 256 mots.

File d'attente unité centrale → processeur

Cette file d'attente, remplie par un organe lent et lue par un organe rapide ne doit pas poser de problèmes de saturation.

Lors de l'établissement d'une communication cinq messages seront transmis par cette voie (invitation à numéroté, accusé de réception de la sélection, arrivée d'appel, progression d'appel, connexion). On trouvera en outre dans cette file un certain nombre de messages relatifs à la charge de l'unité centrale.

Cette file sera également dimensionnée à 256 mots, mais elle pourra vraisemblablement être réduite peut-être d'ailleurs au profit de la file gérant les échanges dans l'autre sens.

On disposera en effet dans la mémoire d'une zone réservée pour ces deux files d'attente, la taille de chacune d'entre elles pouvant être modifiée.

Les trois causes principales de blocage sont donc :

- saturation de la file d'attente pré-processeur-processeur.
- saturation de la file d'attente processeur-unité centrale.
- rapidité des traitements insuffisante dans l'unité centrale.

Pour prévenir ces blocages, on dispose des indicateurs de niveaux des fils d'attente, des mesures de charge de l'unité centrale. Dès que l'un de ces blocages est prévisible, les nouveaux appels devront être filtrés.

Les différentes mesures sur la charge des organes, ainsi que les indications de blocage, pourront, dans le cas où ces blocages seront dûs aux files d'attente, conduire à redimensionner ces files, ceci de manière à ce que le seul blocage existant ne puisse provenir que de l'unité centrale.

Nous avons vu, dans le chapitre relatif au dimensionnement des différentes tables et files d'attente, que les hypothèses prises étaient celles qui étaient choisies par le réseau de connexion réalisé parallèlement à la maquette dont nous nous occupons ici.

Le débit d'information à l'interface Réseau de connexion/organes de commande, c'est-à-dire à l'entrée du préprocesseur, permettrait en fait de traiter un nombre de voies beaucoup plus important que celui qui est traité actuellement.

Il peut être intéressant de voir les modifications qui devraient être apportées aux organes de commande si l'on voulait gérer la signalisation pour le nombre maximum possible de voies à 2 400 bits par seconde, c'est-à-dire 2 560 voies.

Il n'y aurait aucun changement à faire en ce qui concerne le préprocesseur, celui-ci ayant toujours le même temps pour réaliser ces différents traitements. On pourrait même dire que, travaillant maintenant avec un seul type de voie, on dispose de tout le contenu des blocs primaires et secondaires pour ce type de voie, et que l'on dispose de plus d'états possible pour ce type de voie donc que l'on peut orienter le processeur plus précisément et par conséquent lui faire gagner du temps.

En supposant toujours qu'à un instant donné 2 % des abonnés sont en signalisation, on n'a plus à chaque instant qu'environ 50 abonnés en transaction avec les organes de commande ce qui ne devrait pas poser de problèmes quant aux files d'attente.

En ce qui concerne les traitements réalisés dans le processeur, on doit en 2,5 ms traiter une cinquantaine de messages, c'est-à-dire que l'on dispose, par message d'environ $\frac{2500}{50} = 50$ microsecondes, c'est-à-dire du temps nécessaire pour dérouler environ 200 micro-instructions pour traiter chacun des messages.

Le processeur disposera donc de tout le temps nécessaire pour effectuer des traitements sur les messages en provenance soit du préprocesseur, soit de l'unité centrale.

Si l'on travaillait avec un débit double, c'est-à-dire avec des informations sur les abonnés arrivant toutes les 488 μ s (multiplex d'entrée travaillant non à 1,024 MHz mais à 2,048 MHz), il n'y aurait pas de problèmes en ce qui concerne le préprocesseur, celui-ci effectuant ses traitements en moins de ce laps de temps.

En ce qui concerne le processeur, il devrait à ce moment (en prenant toujours le cas de voies homogènes à 2 400 b/s) pouvoir traiter en 2,5 ms environ 100 abonnés en signalisation, donc le temps dont il disposerait serait d'environ 25 microsecondes, c'est-à-dire une durée permettant de dérouler environ 100 micro-instructions. Ceci serait donc possible quant aux files d'attente, leur dimensionnement actuel serait suffisant.

Au sujet de l'unité centrale, il est difficile d'évaluer le travail qui devrait être réaliser pour traiter cette dernière hypothèse. Il semble cependant qu'à la différence des deux étages précédents, préprocesseur et processeur, qui se prêtent très bien à des réseaux constitués de lignes très rapides, des problèmes apparaissent à ce sujet au niveau de l'unité centrale. En effet chaque traitement nécessitant des lectures en mémoire de masse, l'incidence de ces lecture sur l'ensemble d'un traitement est d'autant plus notables que les traitements en question correspondent à des voies rapides, donc à des établissements de communication très courts. Il serait peut-être nécessaire d'envisager à ce moment une mémoire de masse plus rapide dont l'accès soit plus rapide que celui d'un disque, ceci permettant alors de pouvoir effectivement établir les communications dans un délai très bref, et empêchant par là-même la saturation de la file d'attente.

Vu :

Le Président de la Thèse

P. Y. ARQUES

Vu :

Le Directeur de Thèse

P. Y. ARQUES
R. GERBER

VU et APPROUVE
RENNES, le

Le Directeur de l'U.E.R.

J. MEINNEL

Vu pour autorisation
RENNES, le

Le Président de l'Université
de RENNES

C. CHAMPAUD

